

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC978 U.S. PTO
09/822466
04/82/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月 7日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-238349

出 願 人

Applicant (s):

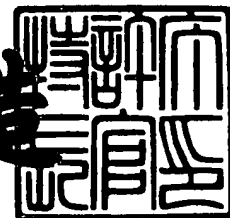
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年12月15日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3104974

#2

Docket No. 837.1968

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:)
Hiroki OOI, et al.)
Serial No.: To be Assigned) Group Art Unit: To be Assigned
Filed: March 30, 2001) Examiner: To be Assigned

JC976 U.S. PTO
09/822466
04/02/01

For: **METHOD AND SYSTEM FOR COMPENSATING CHROMATIC DISPERSION**

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

*Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231*

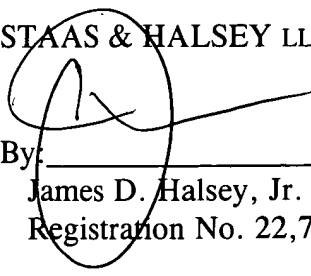
Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, the applicant(s) submit(s)
herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2000-238349
Filed: August 7, 2000

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing
date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements
of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,
STAAS & HALSEY LLP

By: 
James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

700 11th Street, N.W., Ste. 500
Washington, D.C. 20001

(202) 434-1500

Date: 2/30/07

【書類名】 特許願

【整理番号】 0050930

【提出日】 平成12年 8月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 09/00

【発明の名称】 波長分散を補償する方法及びシステム

【請求項の数】 4

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 大井 寛己

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 石川 丈二

【特許出願人】

 【識別番号】 000005223

 【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100075384

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 松本 昂

 【電話番号】 03-3582-7477

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 001764

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704374

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長分散を補償する方法及びシステム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して WDM 信号光を生成するステップと、

上記 WDM 信号光を光ファイバ伝送路により伝送するステップと、

上記光ファイバ伝送路により伝送された WDM 信号光を受信するステップとを備え、

上記受信するステップは、上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、

検出された波長分散が小さくなるように波長分散量及び分散スロープ量が制御される可変分散補償器を提供するステップとを含む方法。

【請求項 2】 異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して WDM 信号光を生成するステップと、

上記 WDM 信号光を光ファイバ伝送路により伝送するステップと、

上記光ファイバ伝送路により伝送された WDM 信号光を受信するステップとを備え、

上記受信するステップは、上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、

検出された波長分散が小さくなるように波長分散量が制御される可変分散補償器を提供するステップと、

分散スロープを補償する分散スロープ補償器を提供するステップとを含む方法。

【請求項 3】 異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して WDM 信号光を生成する送信端局装置と、

上記 WDM 信号光を伝送する光ファイバ伝送路と、

上記光ファイバ伝送路により伝送された WDM 信号光を受信する受信端局装置とを備え、

上記受信端局装置は、上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散

を検出する分散モニタと、可変分散補償器と、検出された波長分散が小さくなるように上記可変分散補償器の波長分散量及び分散スロープ量を制御する回路とを含むシステム。

【請求項4】 異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重してWDM信号光を生成する送信端局装置と、

上記WDM信号光を伝送する光ファイバ伝送路と、

上記光ファイバ伝送路により伝送されたWDM信号光を受信する受信端局装置とを備え、

上記受信端局装置は、上記複数の光信号の少なくとも1つに関連する波長分散を検出する分散モニタと、可変分散補償器と、検出された波長分散が小さくなるように上記可変分散補償器の波長分散量を制御する回路と、分散スロープを補償する分散スロープ補償器とを含むシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分散を補償する方法及びシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の急激なネットワーク利用の増加により、更なるネットワークの大容量化に対する要求が高まっている。現在では、1チャンネル当たり伝送速度10Gb/sをベースとした波長分割多重(WDM)光伝送システムが実用化されている。今後、更なる大容量化が必要とされ、周波数利用効率及びコストの点から1チャンネル当たり40Gb/s以上の超高速伝送システムが求められている。超高速伝送システムにおいては、光ファイバ伝送路の波長分散に起因する波形劣化を高精度に補償する必要がある。本発明は、WDM光伝送システムにおいて、波長分散補償を最適に行うための技術である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

伝送速度が10Gb/s以上の光伝送システムにおいては、波長分散トレラン

スが非常に小さい。例えば、40Gb/s NRZシステムにおける波長分散トレランスは100ps/nm以下である。一方、陸上光伝送システムの場合、中継区間は必ずしも一定ではなく、約17ps/nm/kmの1.3μm零分散シングルモードファイバ(SMF)を用いている場合、伝送距離が数km異なっただけで、波長分散トレランスを逸脱してしまう。

【0004】

しかしながら、通信キャリアが所有している光ファイバネットワークにおいては、中継区間毎の距離や波長分散値の多くが正確に把握されていないのが現状である。また、波長分散値はファイバの温度や応力等により経時的に変化するので、システム運用開始時だけでなく、システム運用中も波長分散量を厳密に測定しながら、中継区間毎に分散補償量を適切に制御することが必要とされる。例えば、分散シフトファイバ(DSF)を用いた500kmの伝送路において100℃の温度変化が生じる場合、波長分散変化量は40Gb/s NRZ信号の波長分散トレランスとほぼ同等の約105ps/nmとなる。

【0005】

$$\begin{aligned}
 (\text{波長分散変化量}) &= (\text{零分散波長の温度依存性}) \times (\text{伝送路の温度変化量}) \\
 &\quad \times (\text{伝送路の分散スロープ}) \times (\text{伝送距離}) \\
 &= 0.03 (\text{nm}/^{\circ}\text{C}) \times 100 (^{\circ}\text{C}) \times 0.07 (\text{ps} \\
 &\quad / \text{nm}^2 / \text{km}) \times 500 (\text{km}) \\
 &= 105 \text{ ps} / \text{nm}
 \end{aligned}$$

また、WDM光伝送システムにおいては、後で詳しく説明するように、波長分散のみならず分散スロープ(分散傾斜又は二次分散)をも考慮する必要がある。これは、WDM光伝送システムにおいては、異なる波長を有する複数の光信号が波長分割多重されており、各チャネルの光信号が受ける波長分散が異なるからである。

【0006】

よって、本発明の目的は、WDM光伝送システムにおいて高速化に適した波長分散を補償する方法及びシステムを提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の側面によると、異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重してWDM信号光を生成するステップと、上記WDM信号光を光ファイバ伝送路により伝送するステップと、上記光ファイバ伝送路により伝送されたWDM信号光を受信するステップとを備え、上記受信するステップは、上記複数の光信号の少なくとも1つに関連する波長分散を検出するステップと、検出された波長分散が小さくなるように波長分散量及び分散スロープ量が制御される可変分散補償器を提供するステップとを含む方法が提供される。

【0008】

本発明の第2の側面によると、異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重してWDM信号光を生成するステップと、上記WDM信号光を光ファイバ伝送路により伝送するステップと、上記光ファイバ伝送路により伝送されたWDM信号光を受信するステップとを備え、上記受信するステップは、上記複数の光信号の少なくとも1つに関連する波長分散を検出するステップと、検出された波長分散が小さくなるように波長分散量が制御される可変分散補償器を提供するステップと、分散スロープを補償する分散スロープ補償器を提供するステップとを含む方法が提供される。

【0009】

本発明の第3の側面によると、異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重してWDM信号光を生成する送信端局装置と、上記WDM信号光を伝送する光ファイバ伝送路と、上記光ファイバ伝送路により伝送されたWDM信号光を受信する受信端局装置とを備え、上記受信端局装置は、上記複数の光信号の少なくとも1つに関連する波長分散を検出する分散モニタと、可変分散補償器と、検出された波長分散が小さくなるように上記可変分散補償器の波長分散量及び分散スロープ量を制御する回路とを含むシステムが提供される。

【0010】

本発明の第4の側面によると、異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重してWDM信号光を生成する送信端局装置と、上記WDM信号光を伝送する光ファイバ伝送路と、上記光ファイバ伝送路により伝送されたWDM信号光を受信

する受信端局装置とを備え、上記受信端局装置は、上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出する分散モニタと、可変分散補償器と、検出された波長分散が小さくなるように上記可変分散補償器の波長分散量を制御する回路と、分散スロープを補償する分散スロープ補償器とを含むシステムが提供される。

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の望ましい実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 はシステムの第 1 実施形態を示すブロック図である。ここでは、1 波の無中継伝送システムが例示されている。このシステムは、送信端局装置 2 と、受信端局装置 4 と、端局装置 2 及び 4 間に敷設される光ファイバ伝送路 6 とを備えている。

【 0 0 1 3 】

送信端局装置 2 は、波長 λ の光信号を出力する光送信機 8 と、光送信機 8 から出力された光信号を増幅して光ファイバ伝送路 6 に送出する光ポストアンプ 10 とを含む。光ポストアンプ 10 は前段の光増幅器 12 と後段の光増幅器 14 とを含み、光増幅器 12 及び 14 間には固定又は可変の分散補償器 16 が挿入される。光ポストアンプ 10 は 2 段以外の段数で構成されることもあり得る。また、分散補償器 16 の位置も、各光増幅器の前段、後段等別の配置になることがあり得る。その点は光プリアンプや光インラインアンプも同様であり、以下の他の実施形態でも同様である。

【 0 0 1 4 】

受信端局装置 4 は、光ファイバ伝送路 6 により伝送された光信号を増幅する光プリアンプ 18 と、光プリアンプ 18 から出力された光信号を受信する光受信機 20 とを含む。光プリアンプ 18 は前段の光増幅器 22 と後段の光増幅器 24 とを含み、光増幅器 22 及び 24 間には可変分散補償器 26 が挿入される。光増幅器 12, 14, 22 及び 24 の各々としては、例えばエルビウムドープファイバ増幅器 (EDFA) が用いられる。

【 0 0 1 5 】

図 2 はシステムの第 2 実施形態を示すブロック図である。ここでは、1 波の中継伝送システムが例示されている。このシステムは、図 1 に示されるシステムと対比して、光ファイバ伝送路 6 の途中に少なくとも 1 つの線形中継装置 2 8 が付加的に設けられている点で特徴付けられる。線形中継装置 2 8 は、光ファイバ伝送路 6 に接続されて光信号を増幅する光インラインアンプ 3 0 を含む。光インラインアンプ 3 0 は前段の光増幅器 3 2 と後段の光増幅器 3 4 とを含み、光増幅器 3 2 及び 3 4 間には固定又は可変の分散補償器 3 6 が挿入される。

【 0 0 1 6 】

図 3 はシステムの第 3 実施形態を示すブロック図である。ここでは、WDM の無中継伝送システムが例示されている。このシステムにおいては、WDM に適合するために、図 1 に示されるシステムと対比して送信端局装置 2 及び受信端局装置 4 が改変されている。

【 0 0 1 7 】

送信端局装置 2 においては、異なる波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ の光信号をそれぞれ出力する光送信機 8 (# 1, ..., # n) が用いられている。光送信機 8 (# 1, ..., # n) から出力された光信号は光合波器 (光マルチプレクサ) 3 8 により波長分割多重され、その結果得られた WDM 信号光は光ポストアンプ 1 0 により増幅されて光ファイバ伝送路 6 に送出される。光ポストアンプ 1 0 においては、図 1 に示されるシステムと同様固定又は可変の分散補償器 1 6 が採用される。

【 0 0 1 8 】

受信端局装置 4 においては、光ファイバ伝送路 6 により伝送された WDM 信号光は、光プリアンプ 1 8 により増幅されて可変分散補償器 4 2 を通る。光プリアンプ 1 8 においては、前段の光増幅器 2 2 と後段の光増幅器 2 4 との間には固定又は可変の分散スロープ補償器 4 0 が挿入される。

【 0 0 1 9 】

分散補償器 4 2 を通った WDM 信号光は、光分波器 (光デマルチプレクサ) 4 4 により個々の光信号に分けられ、これらの光信号はそれぞれ光受信機 2 0 (# 1, ..., # n) に供給される。

【 0 0 2 0 】

図 4 はシステムの第 4 実施形態を示すブロック図である。ここでは、WDM の中継伝送システムが例示されている。この実施形態は、図 3 の実施形態と対比して、図 2 に示されるのと同様な線形中継装置 2 8 が少なくとも 1 つ光ファイバ伝送路 6 の途中に付加的に設けられている点で特徴付けられる。

【 0 0 2 1 】

図 3 や図 4 に示されるシステムのように WDM 信号光を伝送する場合、光ファイバ伝送路 6 の波長分散のみならず分散スロープをも考慮する必要がある。

【 0 0 2 2 】

図 5 を参照すると、伝送路の温度変化及び伝送距離の変化による波長分散量の変化が示されている。図 5 に示されるグラフにおいて、縦軸は伝送路の波長分散 (ps/nm)、横軸は信号光の波長 (nm) である。温度変化に関しては、零分散波長の温度特性 (約 $0.03 \text{ nm/}^\circ\text{C}$) により、波長分散特性 (a) は (b) へとシフト (平行移動) する。この場合、分散スロープは変化しない。また、伝送距離が変化した場合、波長分散特性 (a) は (c) へと変化する。この場合、分散量と共に分散スロープも変化する。

【 0 0 2 3 】

従って、超高速の WDM においては、波長分散のみならず分散スロープをも補償する必要がある。これを解決するために、以下の 4 つの方法が考えられる。

【 0 0 2 4 】

(1) 波長分散量と分散スロープ量を独立に可変することができる広帯域の可変分散補償器を実現して、全チャネルの光信号の分散補償を一括して行う。

【 0 0 2 5 】

(2) 波長分散量を可変することができる広帯域の可変分散補償器と、分散スロープ量を可変することができる広帯域の可変分散スロープ補償器を独立に配置して、全チャネルの光信号の分割補償を一括して行う。

【 0 0 2 6 】

(3) 波長分散量を可変することができる広帯域の可変分散補償器と、伝送路長に応じた分散スロープ量を有する固定分散スロープ補償器を独立に配置して

、全チャネルの光信号の分散補償を一括して行う。

【 0 0 2 7 】

(4) 波長分散量を可変することができる可変分散補償器を各チャネルに個別に配置して分散補償を行う。

【 0 0 2 8 】

可変分散補償器の実現性に従って (1) ~ (4) の選択がなされることになるが、それに加えて何れの選択肢においても、分散モニタの配置方法が低コストを実現する鍵となる。

【 0 0 2 9 】

例えば、(1) 又は (2) の場合には、WDMの複数チャネルの内両端などの少なくとも2チャネルに関して波長分散量を検出することができれば、外挿によって分散スロープがわかり、他のチャネルにおける波長分散量を検出することができる。

【 0 0 3 0 】

また、温度変動によっては伝送路の分散スロープ量は変化しないので、(3) の場合には、WDMの複数チャネルのうち中央のチャネルなど最低1つのチャネルでの波長分散量を検出することができれば、その波長分散量と既知の分散スロープ量から、他の信号波長における波長分散量を検出することができる。

【 0 0 3 1 】

更に、(4) の場合においては、分散スロープ量 (又は伝送路長) が既知である場合には、最低1つのチャネルでの波長分散値を検出することができれば、或いは、分散スロープ量が未知である場合には、最低2つのチャネルでの波長分散値を検出することができれば、外挿によって他のチャネルにおける波長分散量を検出することができる。

【 0 0 3 2 】

図6は受信端局装置の第1実施形態を示すブロック図である。より特定のには、図3等に表示されている受信端局装置4の具体的構成が示されている。

【 0 0 3 3 】

可変分散補償器42は、100G可変分散補償器46と、補償器46の出力か

らモニタ光を抽出する光カプラ 4 8 と、モニタ光が透過する可変光フィルタ 5 0 と、フィルタ 5 0 の出力を増幅する光増幅器 5 2 と、光増幅器 5 2 の出力が供給される分散モニタ (GVD モニタ) 5 4 と、モニタ 5 4 の出力に基づいて補償器 4 6 を制御する制御回路 5 6 とを含む。分散モニタ 5 4 は、光増幅器 5 2 の光出力を電気信号に変換する PIN-PD (フォトダイオード) 5 8 と、PIN-PD 5 8 の出力から 4 0 GHz の成分を抽出するバンドパスフィルタ (BPF) 6 0 と、バンドパスフィルタ 6 0 の出力のパワー又は強度を検出するパワーセンサ 6 2 とを含む。

【 0 0 3 4 】

例えば、1 チャンネル当たり 4 0 G b / s の WDM 信号光におけるチャンネル間隔が 1 0 0 GHz である場合、1 0 0 GHz 間隔で透過特性が最適化された 1 0 0 G 可変分散補償器 4 6 を用いて波長分散を与え、固定又は可変の分散スロープ補償器 4 0 を用いて分散スロープを与えることができる。

【 0 0 3 5 】

図 7 を参照すると、1 0 0 G 可変分散補償器 4 6 の例として VIPA (V i r t u a l l y I m a g e d P h a s e A r r a y) を用いた構成が示されている。この構成は、光サーキュレータ 7 8 と光ファイバ 8 0 とコリメーティングレンズ 8 2 とセミシリンダリカルレンズ 8 4 とガラス板 8 6 とフォーカシングレンズ 8 8 とミラー 9 0 とを光軸上にこの順に配置して構成される。

【 0 0 3 6 】

光サーキュレータ 7 8 はポート 7 8 A, 7 8 B 及び 7 8 C を有しており、ポート 7 8 A に供給された光をポート 7 8 B から出力し、ポート 7 8 B に供給された光をポート 7 8 C から出力するように機能する。従って、ポート 7 8 A 及び 7 8 C をそれぞれ入力及び出力として用いることができる。

【 0 0 3 7 】

ガラス板 8 6 の入力側の面の上部 8 6 A, 下部 8 6 B 及び出力側の面 8 6 C の反射率は、例えば、それぞれ 1 0 0 %, 0 % 及び 9 8 % に設定されており、セミシリンダリカルレンズ 8 4 によるビームウエストが概ね面 8 6 C に位置するように設定されている。尚、VIPA の付加的な詳細については、M. Shirasaki et

al., "Dispersion Compensation Using The Virtually Imaged Phased Array", APCC/OECC' 99, pp.1367-1370を参照されたい。

【 0 0 3 8 】

尚、図 7 の構成においては、フォーカシングレンズ 8 8 とミラー 9 0 の間の距離を固定にしてガラス板 8 6 との間の距離を変化させることによって、分散量を可変にすることができる。

【 0 0 3 9 】

次に、図 6 に示される分散モニタ 5 4 の動作原理について説明する。この動作原理は、Y. Akiyama et al., "Automatic Dispersion Equalization in 4 0 Gb it/s Transmission by Seamless-switching between Multiple Signal Wavelengths", ECOC' 99, pp.1-150-151 に開示されている実験結果に基づいている。即ち、4 0 G b / s の N R Z 光信号を、温度が可変 (- 3 5 ℃ ~ + 6 5 ℃) の恒温層内に收容された 1 0 0 k m の D S F により伝送した後、図 6 に示されるような分散モニタによりモニタリングしたものである。

【 0 0 4 0 】

図 8 に示される計算結果のグラフから明らかなように、波長分散量に従って 4 0 G H z 成分の強度が変化し、分散量 0 のときに 4 0 G H z 成分の強度が 0 になる。

【 0 0 4 1 】

また、図 9 に示される実験結果のグラフにおいては、波長によって伝送路分散量が変わるために、計算結果とほぼ同様の 4 0 G H z 成分の強度特性が得られる。伝送路零分散波長は、伝送路温度の変化と共に約 0 . 0 3 n m / ℃ で変化し、4 0 G H z 成分の強度の極小点もそれに追従して変化していることが確認される。

【 0 0 4 2 】

他の変調方式でも、B b / s 変調信号に対しては B H z 成分強度を分散モニタ信号として用いることができることがわかっており、例えば R Z 信号に関しては、波長分散 0 のときに B H z 成分強度が極大になり、O T D M (光時分割多重) 信号に対しては極小となることが知られている (特願平 9 - 2 2 4 0 5 6 号) 。

【 0 0 4 3 】

再び図 6 を参照すると、光分波器 4 4 は、WDM 信号光を波長 λ_{2n+1} の光信号群と波長 λ_{2n} の光信号群とに分けるインターリーバ (1 0 0 G / 2 0 0 G) 6 4 と、 λ_{2n+1} の光信号群を波長 λ_{4n+1} の光信号群と波長 λ_{4n+3} とに分けるインターリーバ (2 0 0 G / 4 0 0 G) 6 6 と、波長 λ_{2n} の光信号群を波長 λ_{4n+2} の光信号群と波長 λ_{4n} の光信号群とに分けるインターリーバ (2 0 0 G / 4 0 0 G) 6 8 と、波長 λ_{4n+1} の光信号群を個々の光信号に分ける光デマルチプレクサ 7 0 と、波長 λ_{4n+3} の光信号群を個々の光信号に分ける光デマルチプレクサ 7 2 と、波長 λ_{4n+2} の光信号群を個々の光信号に分ける光デマルチプレクサ 7 4 と、波長 λ_{4n} の光信号群を個々の光信号に分ける光デマルチプレクサ 7 6 とを含む。

【 0 0 4 4 】

尚、図示された例では、光受信機 2 0 (# 1 , … , # n) の数は 4 4 である。また、波長を表すために λ に付与されているサフィックスにおける n は光受信機 2 0 (# n) における n とは異なることに留意されたい。

【 0 0 4 5 】

図 1 0 は受信端局装置の第 2 実施形態を示すブロック図である。図 6 に示される実施形態では、可変光フィルタ 5 0 が WDM 信号光の少なくとも 1 チャンネルの光信号をモニタ光として透過させ、その波長分散の検出に基づいて制御回路 5 6 が可変分散補償器 4 6 を制御している。これに対して、図 1 0 に示される実施形態では、光分波器 4 4 の各チャンネルの出力に光スイッチ 9 2 を設け、この光スイッチ 9 2 により少なくとも 1 チャンネルの光信号をモニタ光として取り出すことができるようにしている。そして、そのモニタ光に従って分散モニタ 5 4 が波長分散量を検出し、その検出値に従って制御回路 5 6 が可変分散補償器 4 6 を制御することができる。

【 0 0 4 6 】

図 1 1 は受信端局装置の第 3 実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、図 1 0 に示される実施形態において各光信号の波長分散のモニタリング結果に基づいて制御が行われるのとは対比して、光受信機 2 0 (# 1 , … , # n) の各々において得られる分散モニタ信号 (抽出クロック信号、符号誤り率特性、Q 値

等)に基づいて制御回路56が可変分散補償器46を制御している点で特徴付けられる。従って、この実施形態によると、可変分散補償器42内に分散モニタ54(例えば図10参照)を設ける必要がなくなる。

【0047】

図12は受信端局装置の第4実施形態を示すブロック図である。ここでは、図6に示される光分波器44のインターリーバ64に対応するインターリーバ94を可変分散補償器42内に設け、奇数チャネルの光信号群は200G可変分散補償器96を通し、偶数チャネルの光信号群は200G可変分散補償器98を通すようにしている。補償器96及び98の出力はそれぞれ光分波器44のインターリーバ66及び68に供給される。

【0048】

補償器98の出力からモニタ光が光カプラ100により抽出され、それに基づいて分散モニタ54が少なくとも1チャネルの波長分散を検出し、その検出結果に基づいて制御回路56が補償器96及び98を制御する。図では補償器98の出力のみモニタしているが、図32に示されるように、補償器96及び98の両方に制御ループを設けて高精度な制御を可能にしてもよい。

【0049】

図6に示される実施形態では、100GHz間隔で透過特性が最適化された100G可変分散補償器46が用いられているのに対して、図12に示される実施形態では、200GHz間隔で透過特性が最適化された200G可変分散補償器96及び98を用いることができるので、補償器の帯域特性の確保が容易になる。インターリーバを更に多段化して(400GHz間隔、800GHz間隔、…)、より波長間隔の大きい補償器を用いることもできる。

【0050】

尚、図10に示される光スイッチを用いる構成を図12の実施形態に適用しても良い。

【0051】

図13は受信端局装置の第5実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、可変分散補償器42及び分散スロープ補償器40を光プリアンプ18の前段

光増幅器 2 2 と後段光増幅器 2 4 との間に挿入している点で特徴付けられる。分散スロープ補償器 4 0 の出力からモニタ光が抽出され、それに基づいた波長分散のモニタリングに基づいて 1 0 0 G 可変分散補償器 4 6 が制御される。この構成によっても、全チャネルの分散補償を効果的に行うことができる。

【 0 0 5 2 】

尚、図 1 0 に示される実施形態におけるような光スイッチを図 1 3 の実施形態に適用しても良い。

【 0 0 5 3 】

図 1 4 は受信端局装置の第 6 実施形態を示すブロック図である。ここでは、可変分散補償器 4 2 及び分散スロープ補償器 4 0 を光プリアンプ 1 8 と光分波器 4 4 との間に挿入している。分散スロープ補償器 4 0 の出力からモニタ光が抽出され、その波長分散のモニタリングに基づいて 1 0 0 G 可変分散補償器 4 6 が制御させる。この構成によっても全チャネルの分散補償を効果的に行うことができる。

【 0 0 5 4 】

尚、図 1 0 に示されるような光スイッチを図 1 4 の実施形態に適用しても良い。

【 0 0 5 5 】

図 1 5 は受信端局装置の第 7 実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、図 1 2 に示される実施形態と対比して、各々分散スロープ可変の 2 0 0 G 可変分散補償器 9 6 ' 及び 9 8 ' が用いられている点で特徴付けられる。WDM 信号光の少なくとも 2 つのチャネルに対応する分散のモニタリング値から受けた分散スロープ量を検出することによって、補償器 9 6 ' 及び 9 8 ' により分散の補償及び分散スロープの補償が可能になる。より特定のには次の通りである。

【 0 0 5 6 】

光増幅器 1 0 2 により増幅されたモニタ光は、光カプラ 1 0 4 により二分岐されてそれぞれ光バンドパスフィルタ 1 0 6 及び 1 0 8 に供給される。光バンドパスフィルタ 1 0 6 を通過した波長 λ_i の光信号は第 1 のモニタ光として分散モニタ 5 4 (# 1) に供給され、光バンドパスフィルタ 1 0 8 を通過した波長 λ_j (

$\neq \lambda_i$) の光信号は第 2 のモニタ光として分散モニタ 5 4 (# 2) に供給される。第 1 のモニタ光に関連する波長分散のモニタリング結果は分散モニタ 5 4 (# 1) から制御回路 5 6' に供給され、第 2 のモニタ光に関連する波長分散のモニタリング結果は分散モニタ 5 4 (# 2) から制御回路 5 6' に供給される。制御回路 5 6' は、供給された 2 つの波長分散のモニタリング結果に基づき補償器 9 6' 及び 9 8' における波長分散の補償量及び分散スロープの補償量を制御する。

【 0 0 5 7 】

この構成によると、補償器 9 6' 及び 9 8' が分散だけでなく分散スロープをも補償することができるので、図 1 2 に示される分散スロープ補償器 4 0 を用いることなしに WDM 信号光の全チャネルの分散補償を効果的に行うことができる。

【 0 0 5 8 】

図 1 6 は受信端局装置の第 8 実施形態を示すブロック図である。ここでは、光分波器 4 4 の出力で各チャネルの光信号に対して可変分散補償器 4 2 を設けている。可変分散補償器 4 2 は、例えば、図 6 に示される可変分散補償器 4 2 の構成から可変光フィルタ 5 0 を除くことによって得ることができる。この実施形態によると、分散スロープ補償器を用いることなしに WDM 信号光の全チャネルの分散補償を効果的に行うことができる。

【 0 0 5 9 】

尚、図 1 0 に示される光スイッチを用いて、例えば 1 ~ 2 波長の分散モニタで全部の可変分散補償器を制御する実施形態或いは図 1 1 に示される各光受信機からのモニタ信号を用いる実施形態を図 1 6 に示される実施形態に適用しても良い。

【 0 0 6 0 】

図 1 6 では、各可変分散補償器毎に分散モニタを設けることが望ましいが、図 3 3 に示されるように、光受信機 2 0 の入力で光スイッチ 3 0 0 により取り出された 2 つのモニタ信号に基づき分散及び分散スロープを検出する 2 つの GVD モニタ 3 0 2 及び 3 0 4 を設け、それらの出力により制御回路 3 0 6 が可変分散補

償器 4 2 を制御するようにしてもよい。

【 0 0 6 1 】

図 1 7 は受信端局装置の第 9 実施形態を示すブロック図である。光プリアンプ 1 8 から出力された WDM 信号光は、光フィルタ等を用いて構成される帯域分離部 1 1 0 により、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{11}$ の光信号群と、波長 $\lambda_{12} \sim \lambda_{22}$ の光信号群と、波長 $\lambda_{23} \sim \lambda_{33}$ の光信号群と、波長 $\lambda_{34} \sim \lambda_{44}$ の光信号群とに分離される。各光信号群は可変分散補償器 4 2 を通って光分波器 4 4 に供給される。必要に応じて可変分散補償器 4 2 の入力又は出力に固定又は可変の分散スロープ補償器 4 0 が設けられる。

【 0 0 6 2 】

光分波器 4 4 は、各光信号群を個々の光信号に分ける 4 つの光デマルチプレクサ 1 1 2, 1 1 4, 1 1 6 及び 1 1 8 を含んでおり、分けられた光信号はそれぞれ光受信機 2 0 (# 1, ..., # 4 4) に供給される。

【 0 0 6 3 】

この実施形態によると、波長の長短に従って複数の (4 つの) 帯域に光信号群を分離しているので、各帯域毎に分散補償を一括して行うのが容易である。また、可変分散補償器 4 2 に要求される補償特性が緩和される。

【 0 0 6 4 】

図 1 8 は受信端局装置の第 1 0 実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、図 6 に示される実施形態と対比して、光分波器 4 4 と光受信機 2 0 (# 1, ..., # 4 4) との間に PMD (偏波モード分散) 補償器 1 2 0 (# 1, ..., # 4 4) がそれぞれ付加的に設けられている点で特徴付けられる。このようにして各チャネルの PMD を補償することによって、WDM 信号光の全チャネルの分散補償を効果的に行うと共に PMD を補償して伝送品質を更に高めることができる。

【 0 0 6 5 】

図 1 9 は PMD 補償器 1 2 0 の具体的構成例を示すブロック図である。PMD 補償器 1 2 0 は、光信号を受ける偏波制御器 1 2 2 と、偏波制御器 1 2 2 の出力が供給される PMF (偏波面維持ファイバ) 1 2 4 と、PMF 1 2 4 の出力から

モニタ光を抽出する光カプラ 1 2 6 と、抽出されたモニタ光を増幅する光増幅器 1 2 8 と、光増幅器 1 2 8 の光出力を電気信号に変換する P I N - P D 1 3 0 と、P I N - P D 1 3 0 の出力信号が通過するバンドパスフィルタ 1 3 2 と、フィルタ 1 3 2 の出力のパワーを検出するパワーセンサ 1 3 4 と、パワーセンサ 1 3 4 の出力に基づき偏波制御器 1 2 2 を制御する制御回路 1 3 6 とを備えている。光信号のビットレートが 40 Gb/s であるので、ここではバンドパスフィルタ 1 3 2 の通過中心周波数は 20 GHz に設定されている。

【 0 0 6 6 】

尚、PMD補償器の動作原理等の付加的な詳細については特願平 1 1 - 5 1 5 9 5 9 号に記載されている。

【 0 0 6 7 】

図 2 0 は図 4 等に表示される線形中継装置 2 8 に適用可能な分散補償器 3 6 の第 1 実施形態を示すブロック図である。この補償器 3 6 は、WDM信号光が通過するシリーズに接続された 100 G 可変分散補償器 1 3 8 と固定又は可変の分散スロープ補償器 1 4 0 とを備えている。前に例示したのと同様 1 チャンネル当たり 40 Gb/s の光信号をチャンネル間隔 100 GHz で配置している WDM信号光を伝送する場合、可変分散補償器 1 3 8 としては、例えば 100 GHz 間隔で透過特性が最適化された補償器（例えば V I P A を用いたもの）を採用することができる。可変分散補償器 1 3 8 の分散補償量は例えばシステム運用開始時に最適値にプリセットすることができる。

【 0 0 6 8 】

図 2 1 は分散補償器 3 6 の第 2 実施形態を示すブロック図である。ここでは、図 2 0 に示される実施形態と対比して、フィードバック制御を可能にするために、分散スロープ補償器 1 4 0 の出力からモニタ光を抽出する光カプラ 1 4 2 と、モニタ光からあるチャンネルの光信号を抽出する可変光フィルタ 1 4 4 と、フィルタ 1 4 4 の光出力を増幅する光増幅器 1 4 6 と、光増幅器 1 4 6 の光出力に基づき波長分散を検出する分散モニタ 1 4 8 と、検出された波長分散に基づき 100 G 可変分散補償器 1 3 8 を制御する制御回路 1 5 0 とが付加的に設けられている。この構成によると、補償器 1 3 8 における分散補償量をフィードバック制御す

ることが可能になるので、分散値のプリセットが不要である。

【 0 0 6 9 】

図 2 2 は分散補償器 3 6 の第 3 実施形態を示すブロック図である。ここでは、チャンネル間隔を $\text{GHz} \sim 200 \text{GHz}$ にするためのインターリーバ 1 5 2 により WDM 信号光を奇数チャンネルの光信号群と偶数チャンネルの光信号群とに分け、奇数チャンネルの光信号群は 2 0 0 G 可変分散補償器 1 5 4 に通し、偶数チャンネルの光信号群は 2 0 0 G 可変分散補償器 1 5 6 に通すようにしている。補償器 1 5 4 及び 1 5 6 の出力はインターリーバ 1 5 8 により再び合成され、その結果得られた WDM 信号光が分散スロープ補償器 1 4 0 に供給される。補償器 1 5 4 及び 1 5 6 における分散補償量はシステム運用開始時に最適値にプリセットすることができる。

【 0 0 7 0 】

この構成によると、図 2 0 に示される実施形態と対比してチャンネル間隔が倍になっているので、可変分散補償器 1 5 4 及び 1 5 6 の帯域特性の確保が容易になる。

【 0 0 7 1 】

尚、インターリーバを更に多段化して (400GHz 間隔、 800GHz 間隔、...)、より波長間隔の大きい可変分散補償器を用いることもできる。

【 0 0 7 2 】

図 2 3 は分散補償器 3 6 の第 4 実施形態を示すブロック図である。ここでは、図 2 2 に示される実施形態と対比して、補償器 1 5 4 及び 1 5 6 のフィードバック制御を可能にするために、分散スロープ補償器 1 4 0 の出力からモニタ光を抽出する光カプラ 1 4 2 と、モニタ光からあるチャンネルの光信号を抽出する可変光フィルタ 1 4 4 と、フィルタ 1 4 4 の光出力を増幅する光増幅器 1 4 6 と、光増幅器 1 4 6 の光出力に基づき波長分散を検出する分散モニタ 1 4 8 と、分散モニタ 1 4 8 の出力に基づき 2 0 0 G 可変分散補償器 1 5 4 及び 1 5 6 を制御する制御回路 1 5 0 とを付加的に設けている。

【 0 0 7 3 】

この実施形態によると、補償器 1 5 4 及び 1 5 6 の分散補償量のフィードバッ

ク制御が可能になるので、プリセットが不要である。

【 0 0 7 4 】

図 2 4 は図 4 等 に示される線形中継装置 2 8 の実施形態を示すブロック図である。ここでは、図 2 1 の実施形態に準じて図 4 に示される線形中継装置 2 8 の内部構成（配置形態等）が変更されている。

【 0 0 7 5 】

固定又は可変の分散スロープ補償器 1 4 0 は前段光増幅器 3 2 と後段光増幅器 3 4 の間に挿入されている。1 0 0 G 可変分散補償器 1 3 8 は後段光増幅器 3 4 の出力に接続されている。そして、1 0 0 G 可変分散補償器 1 3 8 の分散補償量が図 2 1 に示される実施形態に準じてフィードバック制御される。

【 0 0 7 6 】

この実施形態によると、分散スロープ補償器 1 4 0 及び可変分散補償器 1 3 8 等による損失を 2 箇所以上に分散させることができるので、光 S/N 比の劣化を緩和することができる。

【 0 0 7 7 】

図 2 5 は図 4 等 に示される送信端局装置 2 の第 1 実施形態を示すブロック図である。光合波器 3 8 は、図 6 等 に示される光分波器 4 4 と同様の構成を有している。即ち、光デマルチプレクサ 7 0, 7 2, 7 4 及び 7 6 にそれぞれ対応する光マルチプレクサ 1 6 0, 1 6 2, 1 6 4 及び 1 6 6 と、インターリーバ 6 6 及び 6 8 にそれぞれ対応するインターリーバ 1 6 8 及び 1 7 0 と、インターリーバ 6 4 に対応するインターリーバ 1 7 2 とが用いられている。

【 0 0 7 8 】

光送信機 8（# 1, …, # 4 4）から出力された光信号は光合波器 3 8 により波長分割多重され、その結果得られた WDM 信号光は 1 0 0 G 可変分散補償器 1 7 4 を通って光ポストアンプ 1 0 に供給される。光ポストアンプ 1 0 の前段光増幅器 1 2 と後段光増幅器 1 4 との間には固定又は可変の分散スロープ補償器 1 7 6 が挿入されており、光ポストアンプ 1 0 の出力は光ファイバ伝送路 6 に供給される。

【 0 0 7 9 】

1チャンネル当たり40Gb/sの光信号をチャンネル間隔100GHzで波長分割多重してWDM信号光を得る場合、可変分散補償器174としては、100GHz間隔で透過特性が最適化された分散補償器（例えばVIPAを用いたもの）を採用することができ、その分散補償量はシステム運用開始時に最適値にプリセットすることができる。

【0080】

図26は送信端局装置2の第2実施形態を示すブロック図である。ここでは、光合波器38のインターリーバ168から出力された奇数チャンネルの光信号群とインターリーバ170から出力された偶数チャンネルの光信号群とをそれぞれ200G可変分散補償器178及び180に通した後、インターリーバ172（図25参照）に対応するインターリーバ182により合波してWDM信号光を得ている。

【0081】

この実施形態によると、可変分散補償器178及び180の各々を通過する光信号群のチャンネル間隔が図25に示される実施形態に比べて2倍であるので、可変分散補償器178及び180の帯域特性の確保が容易になる。

【0082】

尚、インターリーバを更に多段化して、より波長間隔の大きい可変分散補償器を用いることも可能である。

【0083】

図27は送信端局装置2の第3実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、図25に示される実施形態と対比して、100G可変分散補償器174が分散スロープ補償器176と共に光ポストアンプ10の前段光増幅器12と後段光増幅器14の間にシリーズに挿入されている点で特徴付けられる。可変分散補償器174の分散補償量はシステム運用開始時に最適値にプリセットすることができる。

【0084】

図28は送信端局装置2の第4実施形態を示すブロック図である。ここでは、光送信機8（#1，…，#44）のそれぞれに可変分散補償器174を適用して

各チャネルの光信号毎に分散補償を行うようにしている。従って、分散スロープ補償器は不要である。可変分散補償器 1 7 4 の分散補償量はシステム運用開始時にプリセットすることができる。

【 0 0 8 5 】

図 2 9 は送信端局装置 2 の第 5 実施形態を示すブロック図である。波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{11}$ の光信号群と、波長 $\lambda_{12} \sim \lambda_{24}$ の光信号群と、波長 $\lambda_{25} \sim \lambda_{33}$ の光信号群と、波長 $\lambda_{34} \sim \lambda_{44}$ の光信号群とを得るために、この実施形態では、光合波器 3 8 は、光送信機 8 (# 1 , … , # 1 1) に接続される光マルチプレクサ 1 8 4 と、光送信機 8 (# 1 2 , … , # 2 2) に接続される光マルチプレクサ 1 8 6 と、光送信機 8 (# 2 3 , … , # 3 3) に接続される光マルチプレクサ 1 8 8 と、光送信機 8 (# 3 4 , … , # 4 4) に接続される光マルチプレクサ 1 9 0 とを含む。

【 0 0 8 6 】

それぞれの光信号群は、4 つの可変分散補償器 1 7 4 により分散補償され、必要に応じてそれぞれ固定又は可変の分散スロープ補償器 1 7 6 を通ってバンド多重部 1 9 2 で波長分割多重される。その結果得られた WDM 信号光は光ポストアンプ 1 0 により増幅された後、光ファイバ伝送路 6 に送出される。

【 0 0 8 7 】

このように波長の長短に従って複数の波長体に光信号群を分離することによって、各可変分散補償器 1 7 4 に要求される補償特性が緩和される。可変分散補償器 1 7 4 の分散補償量はシステム運用開始時に最適値にプリセットすることができる。

【 0 0 8 8 】

図 3 0 は例えば図 4 に示されるシステムにおける分散補償のフィードバック制御を説明するためのブロック図である。線形中継装置 2 8 においては、可変分散補償器 3 6 の出力に基づき分散モニタ 1 9 4 が波長分散をモニタリングし、その結果に基づいて制御回路 1 9 6 が可変分散補償器 3 6 における分散補償量を制御する。一方、受信端局装置 4 においては、可変分散補償器 4 2 の出力に基づいて分散モニタ 1 9 8 が波長分散をモニタリングし、その結果に基づいて制御回路 2 0 0 が可変分散補償器 4 2 を制御する。

【 0 0 8 9 】

このように線形中継装置 2 8 及び受信端局装置 4 において独立に分散補償量のフィードバック制御を行うことができる。

【 0 0 9 0 】

図 3 1 は例えば図 4 に示されるシステムにおける分散補償量のフィードバック制御の他の例を説明するためのブロック図である。ここでは、受信端局装置 4 における制御回路 2 0 0 の出力に基づき、線形中継装置 2 8 の可変分散補償器 3 6 における分散補償量を制御するようにしている。制御回路 2 0 0 から可変分散補償器 3 6 への制御データの伝送には、例えば光ファイバ伝送路 6 が上り回線である場合には、下り回線を用いることができる。このように、線形中継装置 2 8 及び受信端局装置 4 における分散補償量のフィードバック制御を一括して行うことによって、図 3 0 に示される分散モニタ 1 9 4 及び制御回路 1 9 6 が不要になる。

【 0 0 9 1 】

(付記 1) 異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して WDM 信号光を生成するステップと、

上記 WDM 信号光を光ファイバ伝送路により伝送するステップと、

上記光ファイバ伝送路により伝送された WDM 信号光を受信するステップとを備え、

上記受信するステップは、上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、

検出された波長分散が小さくなるように波長分散量及び分散スロープ量が制御される可変分散補償器を提供するステップとを含む方法。(1)

(付記 2) 上記検出するステップは、上記複数の光信号の少なくとも 1 つを電気信号に変換するステップと、上記電気信号における上記光信号のビットレートに対応する周波数成分のパワーを検出するステップとを含む付記 1 記載の方法。

【 0 0 9 2 】

(付記 3) 上記伝送するステップは線形中継装置を提供するステップを含む

付記 1 記載の方法。

【 0 0 9 3 】

(付記 4) 上記線形中継装置における上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、検出された波長分散が小さくなるように波長分散量を及び分散スロープ量が制御される可変分散補償器を提供するステップとを更に備えた付記 3 記載の方法。

【 0 0 9 4 】

(付記 5) 上記線形中継装置における上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、検出された波長分散が小さくなるように波長分散量が制御される可変分散補償器を提供するステップと、分散スロープを補償する分散スロープ補償器を提供するステップとを更に備えた付記 3 記載の方法。

【 0 0 9 5 】

(付記 6) 上記生成するステップは、上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、検出された波長分散が小さくなるように波長分散量が制御される可変分散補償器を提供するステップと、分散スロープを補償する分散スロープ補償器を提供するステップとを含む付記 1 記載の方法。

【 0 0 9 6 】

(付記 7) 異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して WDM 信号光を生成するステップと、

上記 WDM 信号光を光ファイバ伝送路により伝送するステップと、

上記光ファイバ伝送路により伝送された WDM 信号光を受信するステップとを備え、

上記受信するステップは、上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、

検出された波長分散が小さくなるように波長分散量が制御される可変分散補償器を提供するステップと、

分散スロープを補償する分散スロープ補償器を提供するステップとを含む方法。
(2)

(付記 8) 上記検出するステップは、上記複数の光信号の少なくとも 1 つを電気信号に変換するステップと、上記電気信号における上記光信号のビットレートに対応する周波数成分のパワーを検出するステップとを含む付記 7 記載の方法。

【 0 0 9 7 】

(付記 9) 上記伝送するステップは線形中継装置を提供するステップを含む付記 7 記載の方法。

【 0 0 9 8 】

(付記 1 0) 上記線形中継装置における上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、検出された波長分散が小さくなるように波長分散量を及び分散スロープ量が制御される可変分散補償器を提供するステップとを更に備えた付記 9 記載の方法。

【 0 0 9 9 】

(付記 1 1) 上記線形中継装置における上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、検出された波長分散が小さくなるように波長分散量が制御される可変分散補償器を提供するステップと、分散スロープを補償する分散スロープ補償器を提供するステップとを更に備えた付記 9 記載の方法。

【 0 1 0 0 】

(付記 1 2) 上記生成するステップは、上記複数の光信号の少なくとも 1 つに関連する波長分散を検出するステップと、検出された波長分散が小さくなるように波長分散量が制御される可変分散補償器を提供するステップと、分散スロープを補償する分散スロープ補償器を提供するステップとを含む付記 7 記載の方法。

【 0 1 0 1 】

(付記 1 3) 異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して WDM 信号光を生成する送信端局装置と、

上記 WDM 信号光を伝送する光ファイバ伝送路と、

上記光ファイバ伝送路により伝送された WDM 信号光を受信する受信端局装置

とを備え、

上記受信端局装置は、上記複数の光信号の少なくとも1つに関連する波長分散を検出する分散モニタと、可変分散補償器と、検出された波長分散が小さくなるように上記可変分散補償器の波長分散量及び分散スロープ量を制御する回路とを含むシステム。(3)

(付記14) 上記分散モニタは、上記複数の光信号の少なくとも1つを電気信号に変換する変換器と、上記電気信号における上記光信号のビットレートに対応する周波数成分を抽出するバンドパスフィルタと、上記周波数成分のパワーを検出するパワーセンサとを含む付記13記載のシステム。

【0102】

(付記15) 異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重してWDM信号光を生成する送信端局装置と、

上記WDM信号光を伝送する光ファイバ伝送路と、

上記光ファイバ伝送路により伝送されたWDM信号光を受信する受信端局装置とを備え、

上記受信端局装置は、上記複数の光信号の少なくとも1つに関連する波長分散を検出する分散モニタと、可変分散補償器と、検出された波長分散が小さくなるように上記可変分散補償器の波長分散量を制御する回路と、分散スロープを補償する分散スロープ補償器とを含むシステム。(4)

(付記16) 上記分散モニタは、上記複数の光信号の少なくとも1つを電気信号に変換する変換器と、上記電気信号における上記光信号のビットレートに対応する周波数成分を抽出するバンドパスフィルタと、上記周波数成分のパワーを検出するパワーセンサとを含む付記15記載のシステム。

【0103】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によると、WDM伝送システムにおいて高速化に適した波長分散を補償する方法及びシステムの提供が可能になるという効果が生じる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 はシステムの第 1 実施形態を示すブロック図である。

【図 2】

図 2 はシステムの第 2 実施形態を示すブロック図である。

【図 3】

図 3 はシステムの第 3 実施形態を示すブロック図である。

【図 4】

図 4 はシステムの第 4 実施形態を示すブロック図である。

【図 5】

図 5 は温度及び伝送距離による波長分散の変化を説明するためのグラフである。

【図 6】

図 6 は受信端局装置の第 1 実施形態を示すブロック図である。

【図 7】

図 7 は可変分散補償器の構成例を示す図である。

【図 8】

図 8 は分散モニタの動作原理を説明するための計算結果のグラフである。

【図 9】

図 9 は分散モニタの動作原理を説明するための実験結果のグラフである。

【図 1 0】

図 1 0 は受信端局装置の第 2 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 1】

図 1 1 は受信端局装置の第 3 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 2】

図 1 2 は受信端局装置の第 4 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 3】

図 1 3 は受信端局装置の第 5 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 4】

図 1 4 は受信端局装置の第 6 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 5】

図 1 5 は受信端局装置の第 7 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 6】

図 1 6 は受信端局装置の第 8 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 7】

図 1 7 は受信端局装置の第 9 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 8】

図 1. 8 は受信端局装置の第 1 0 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 9】

図 1 9 は PMD 補償器の実施形態を示すブロック図である。

【図 2 0】

図 2 0 は線形中継装置に適用可能な分散補償器の第 1 実施形態を示すブロック図である。

【図 2 1】

図 2 1 は線形中継装置に適用可能な可変分散補償器の第 2 実施形態を示すブロック図である。

【図 2 2】

図 2 2 は線形中継装置に適用可能な可変分散補償器の第 3 実施形態を示すブロック図である。

【図 2 3】

図 2 3 は線形中継装置に適用可能な可変分散補償器の第 4 実施形態を示すブロック図である。

【図 2 4】

図 2 4 は線形中継装置の実施形態を示すブロック図である。

【図 2 5】

図 2 5 は送信端局装置の第 1 実施形態を示すブロック図である。

【図 2 6】

図 2 6 は送信端局装置の第 2 実施形態を示すブロック図である。

【図 2 7】

図 2 7 は送信端局装置の第 3 実施形態を示すブロック図である。

【図 2 8】

図 2 8 は送信端局装置の第 4 実施形態を示すブロック図である。

【図 2 9】

図 2 9 は送信端局装置の第 5 実施形態を示すブロック図である。

【図 3 0】

図 3 0 はシステムにおける波長分散のフィードバック制御の一例を説明するためのブロック図である。

【図 3 1】

図 3 1 はシステムにおける波長分散のフィードバック制御の他の例を説明するためのブロック図である。

【図 3 2】

図 3 2 は受信端局装置の第 1 1 実施形態を示すブロック図である。

【図 3 3】

図 3 3 は受信端局装置の第 1 2 実施形態を示すブロック図である。

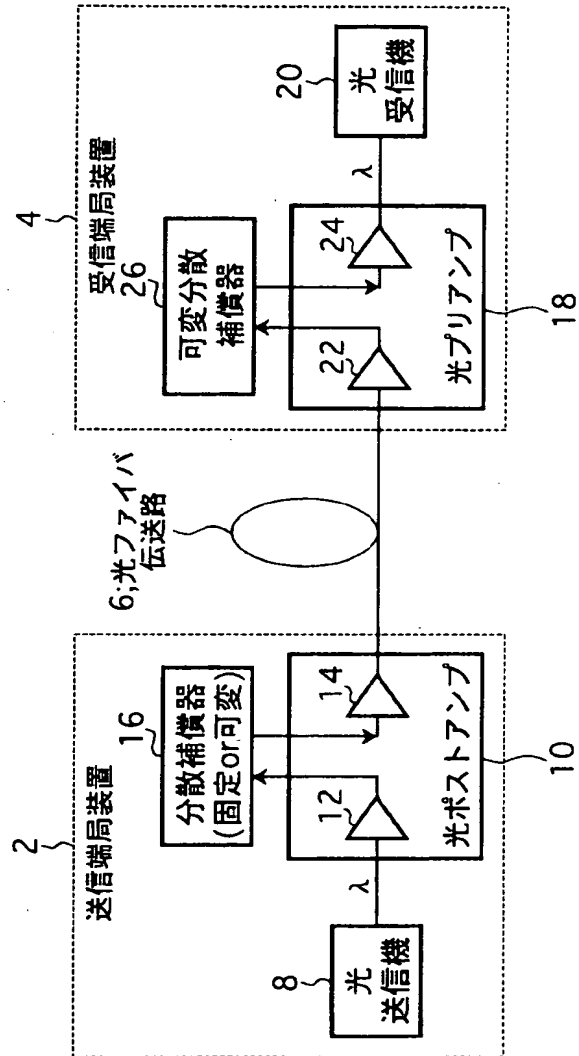
【符号の説明】

- 2 送信端局装置
- 4 受信端局装置
- 6 光ファイバ伝送路
- 8 光送信機
- 10 光ポストアンプ
- 16 固定又は可変の分散補償器
- 18 光プリアンプ
- 20 光受信機
- 26 可変分散補償器
- 28 線形中継装置
- 30 光インラインアンプ
- 36 固定又は可変の分散補償器

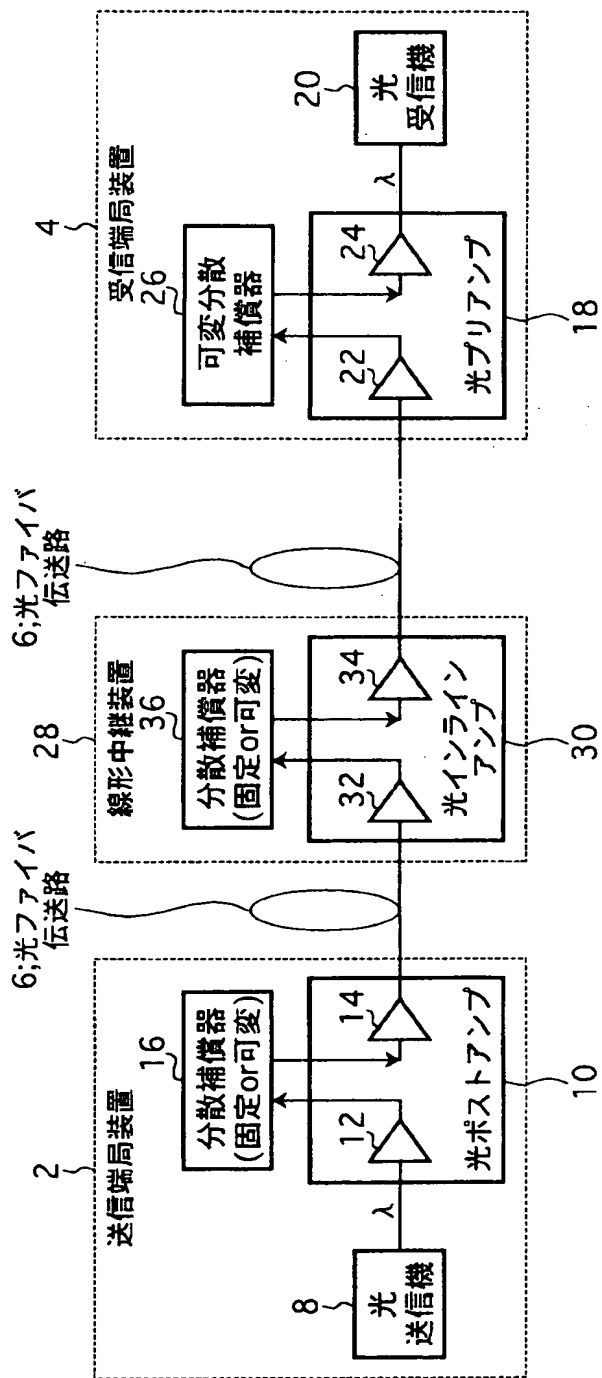
【書類名】

図面

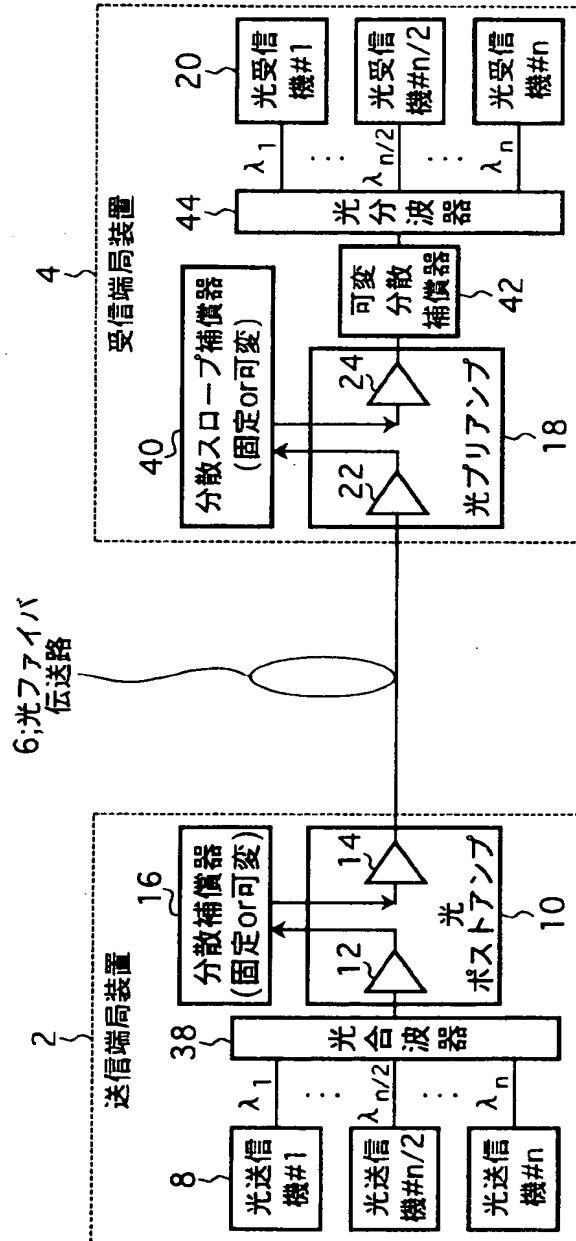
【図 1】



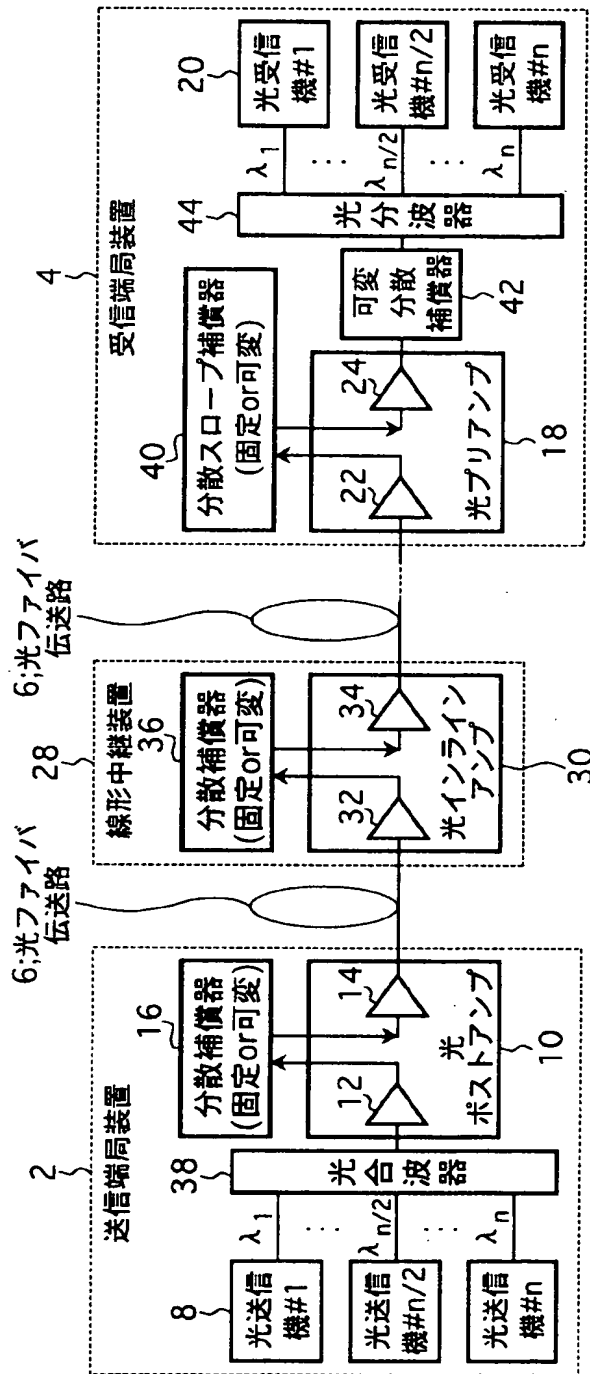
【図 2】



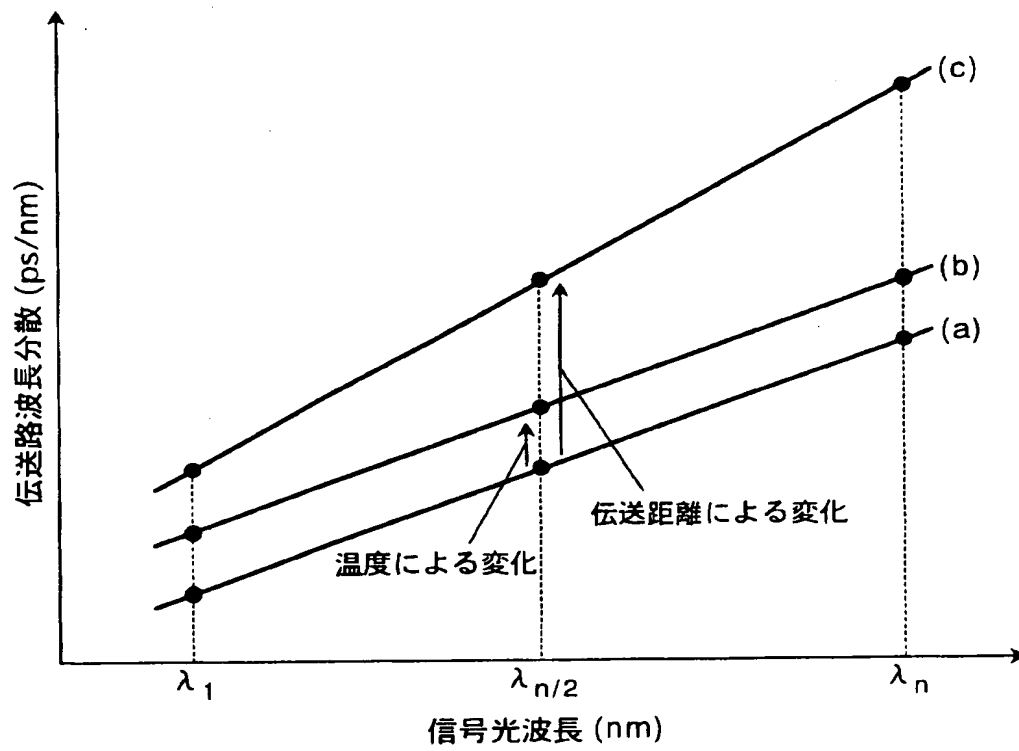
【図 3】



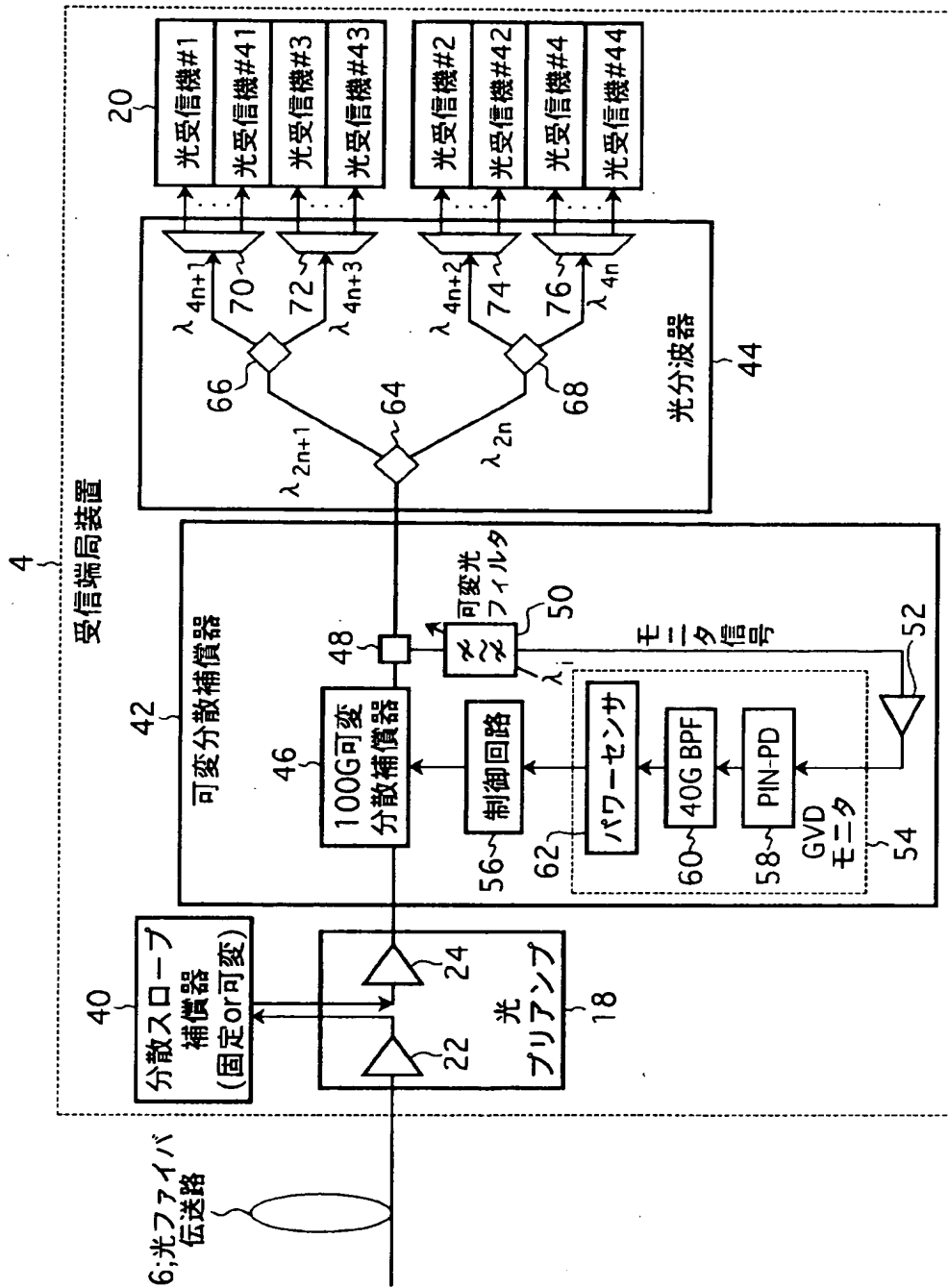
【図 4】



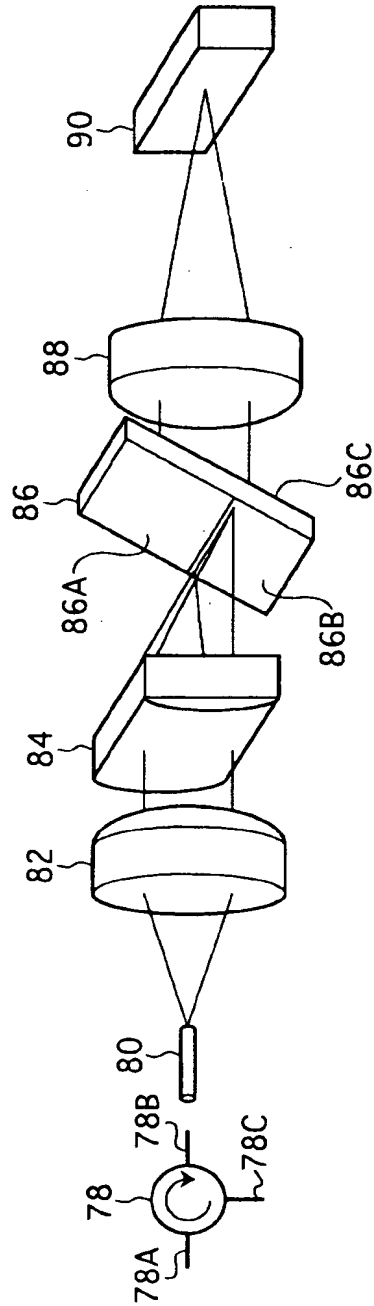
【図 5】



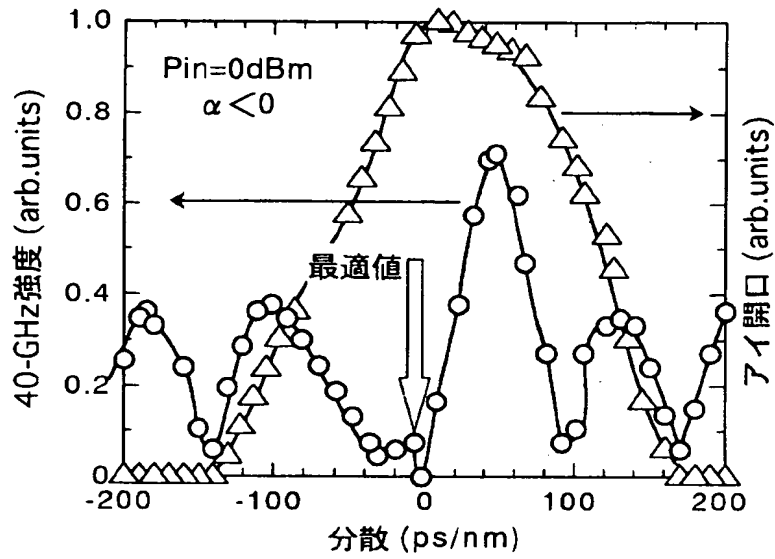
【図 6】



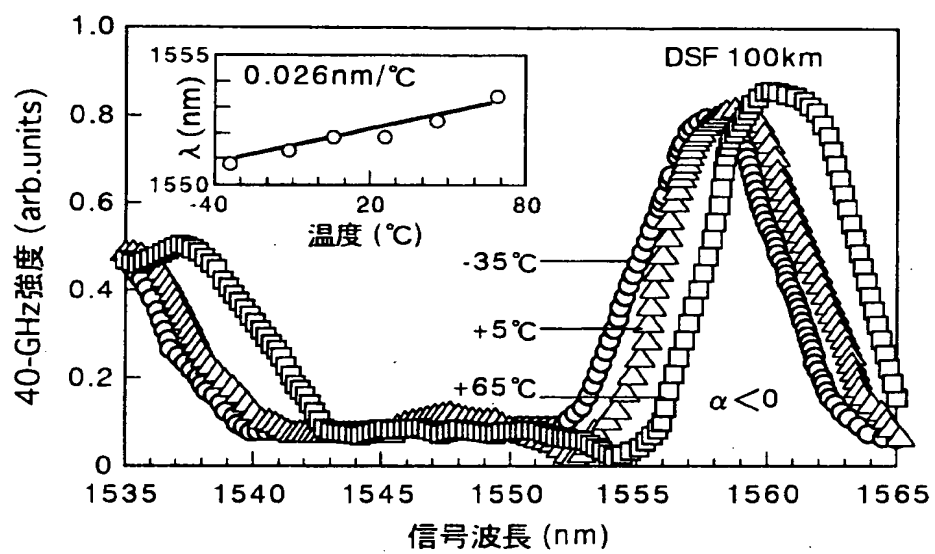
【図 7】



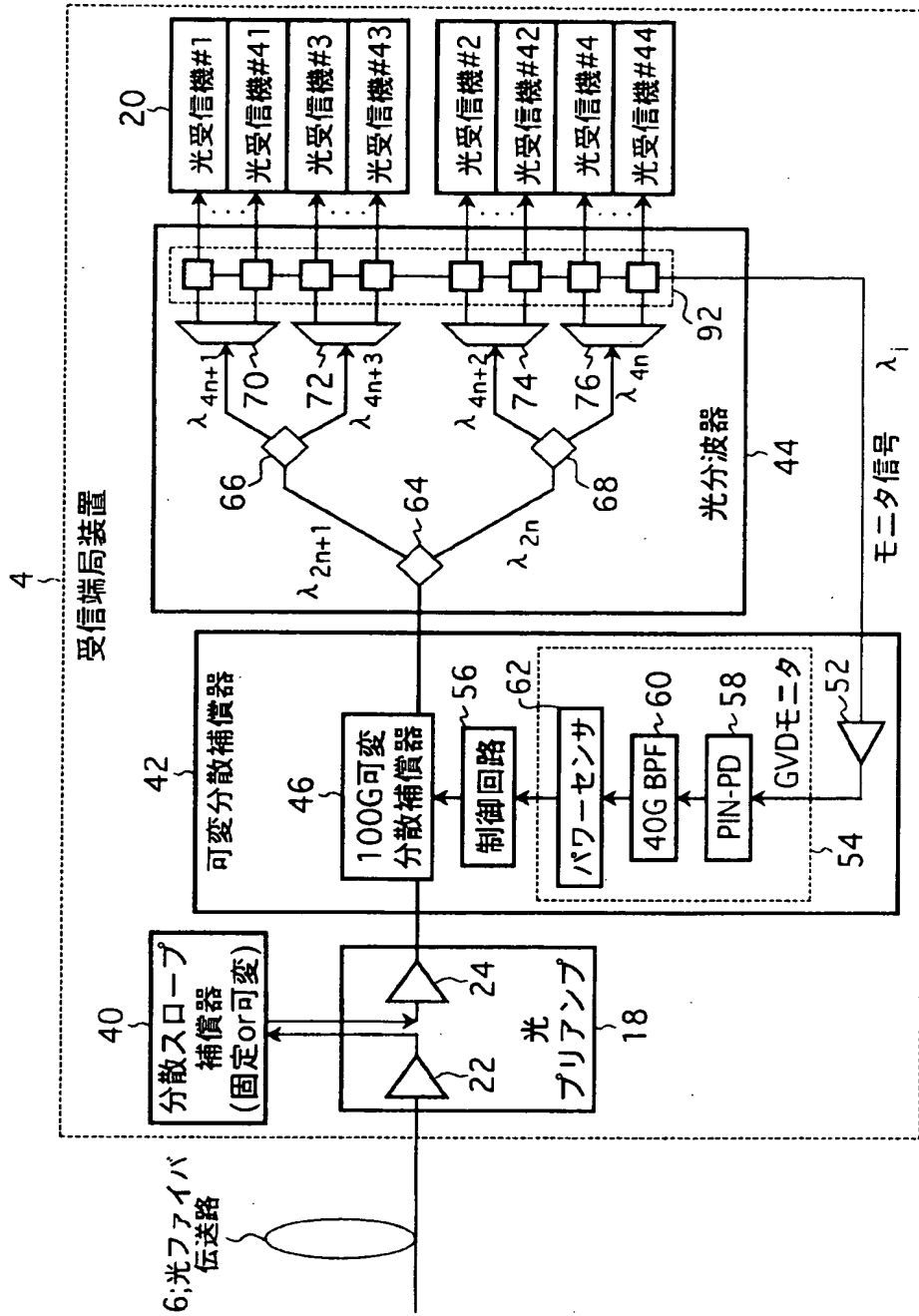
【図 8】



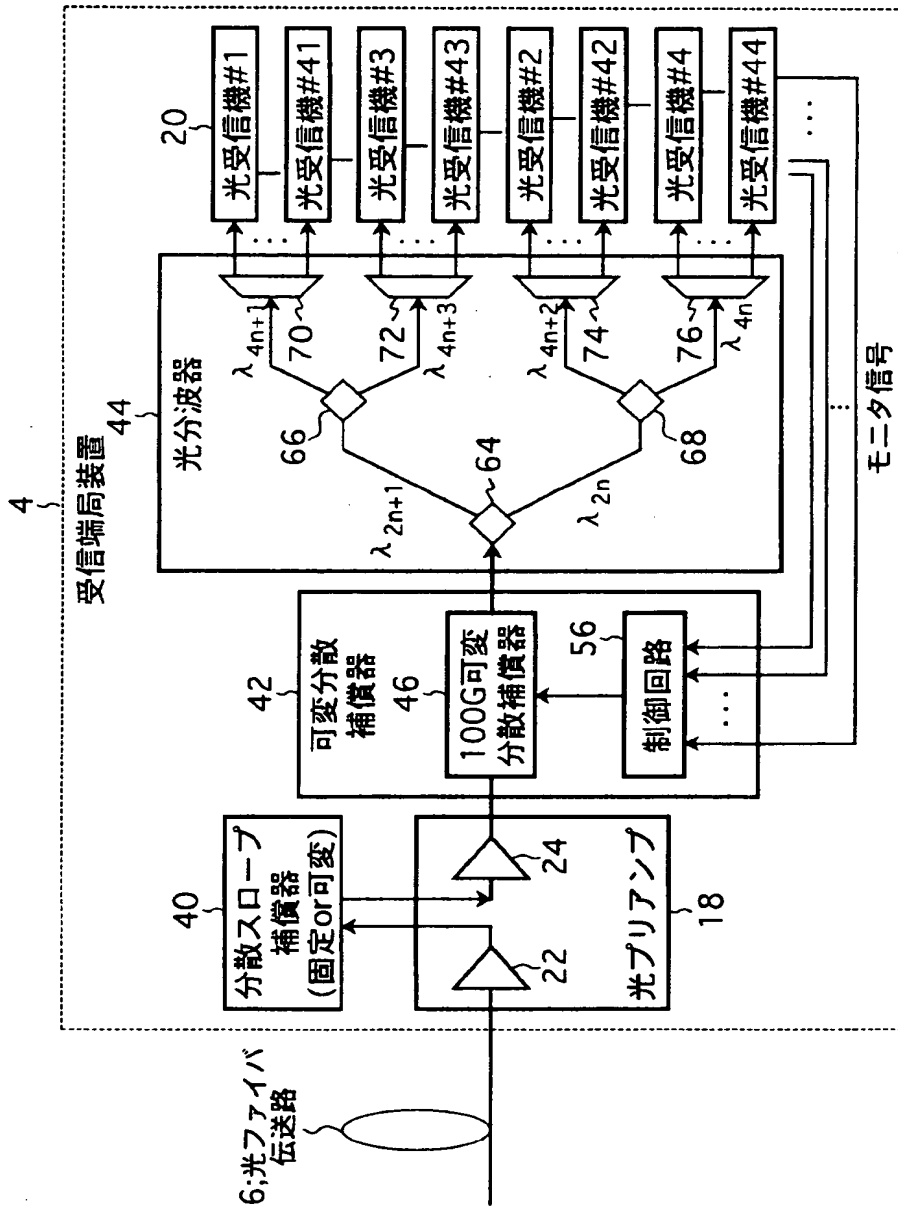
【図9】



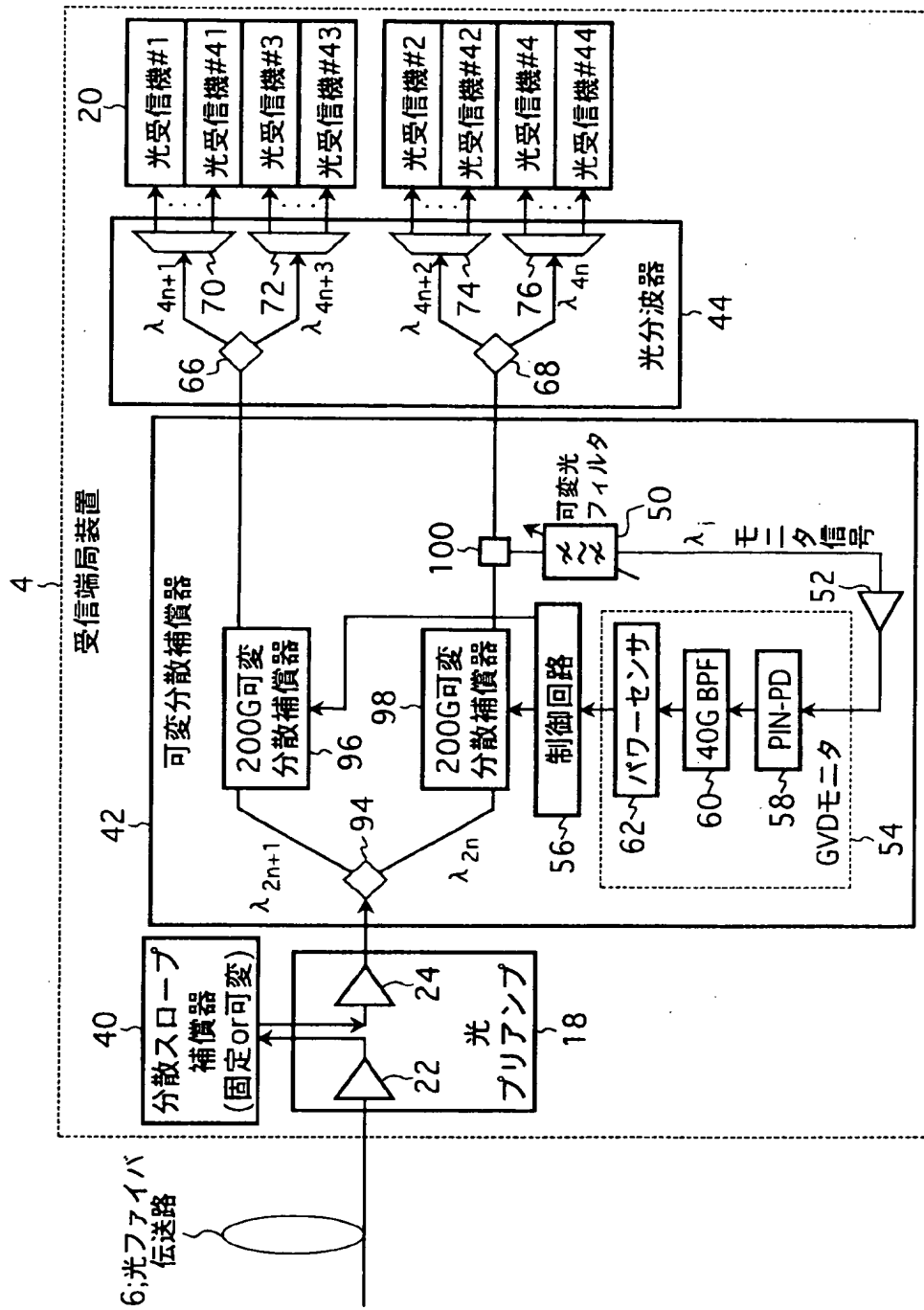
【図10】



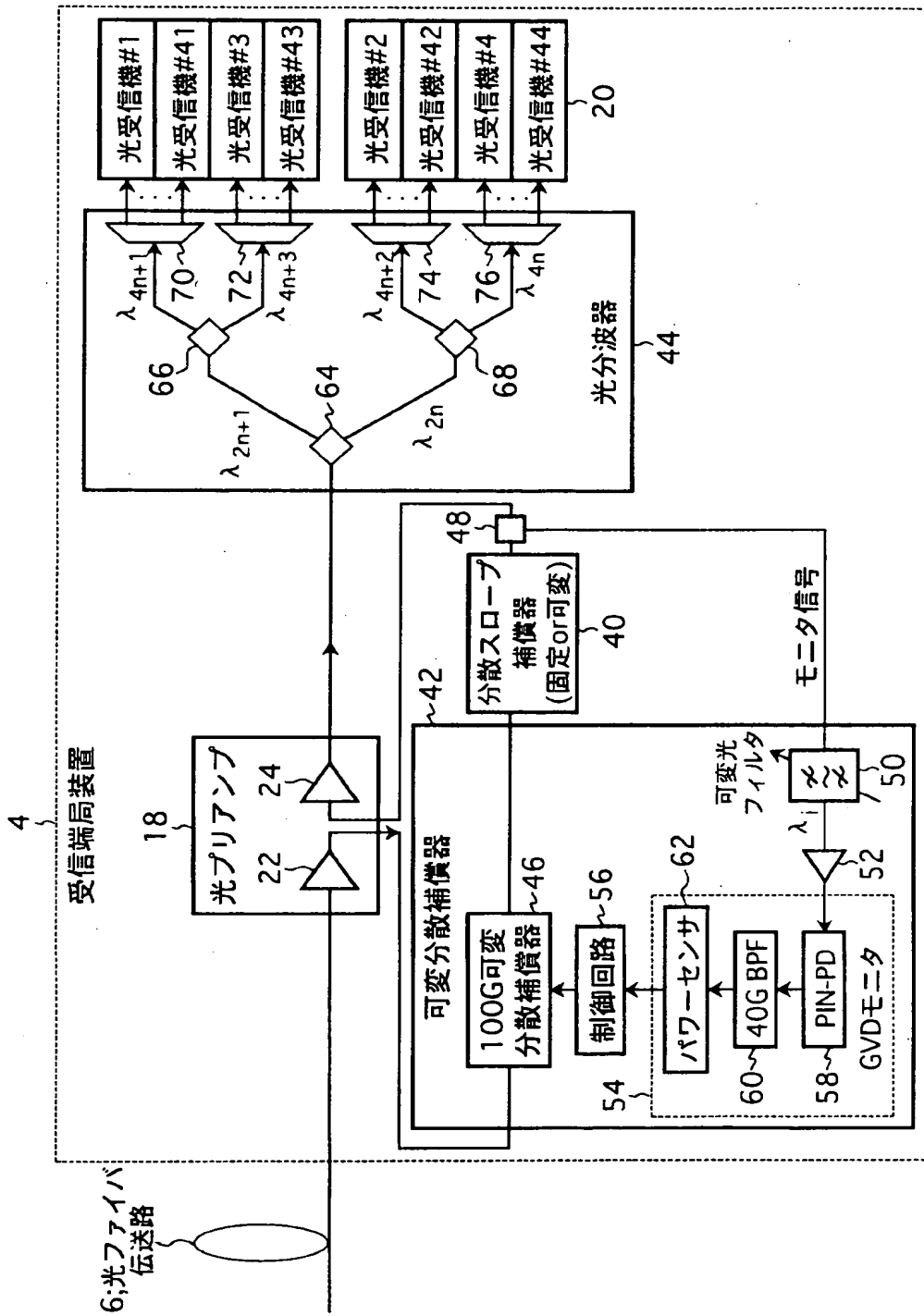
【図 1 1】



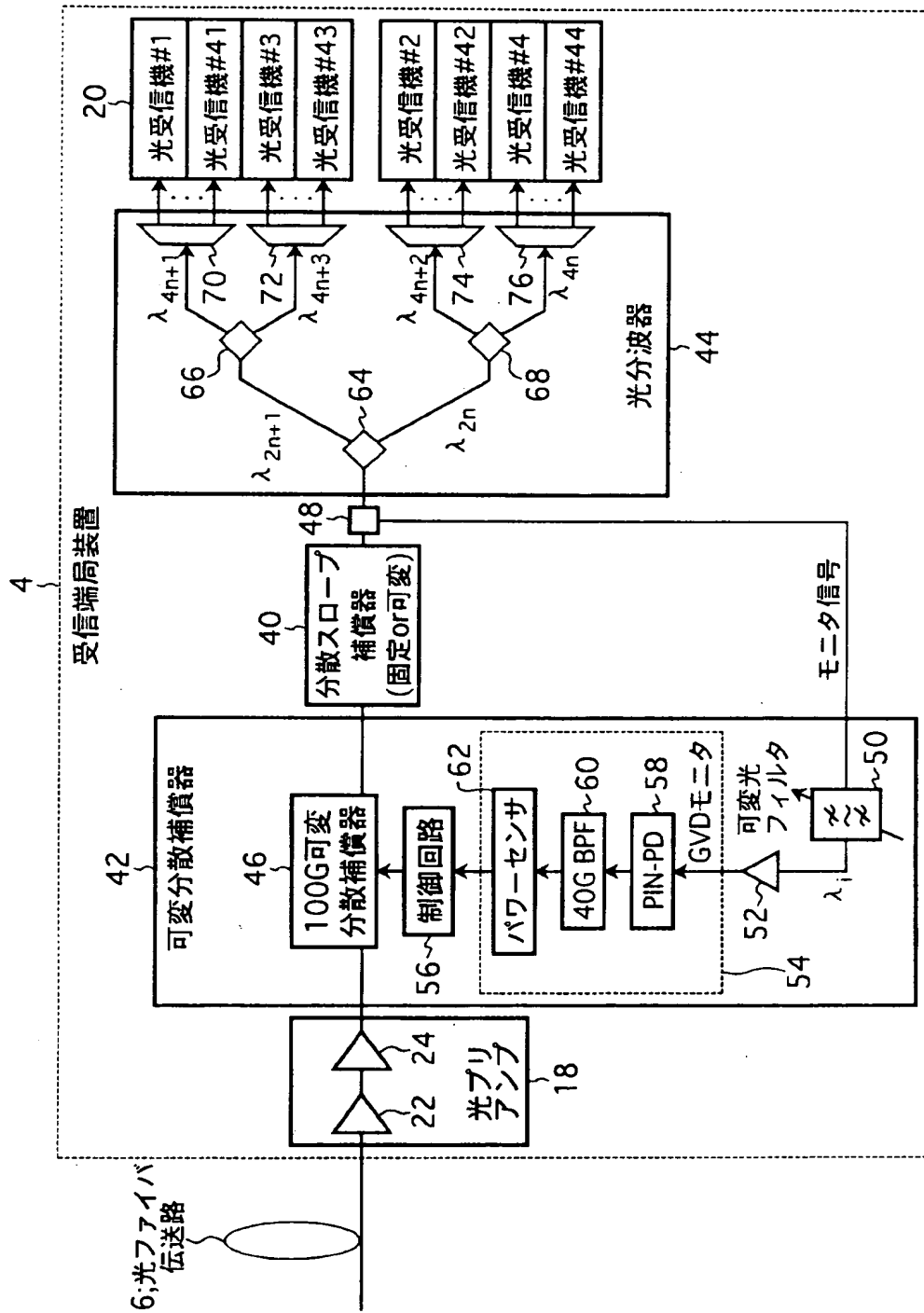
【図12】



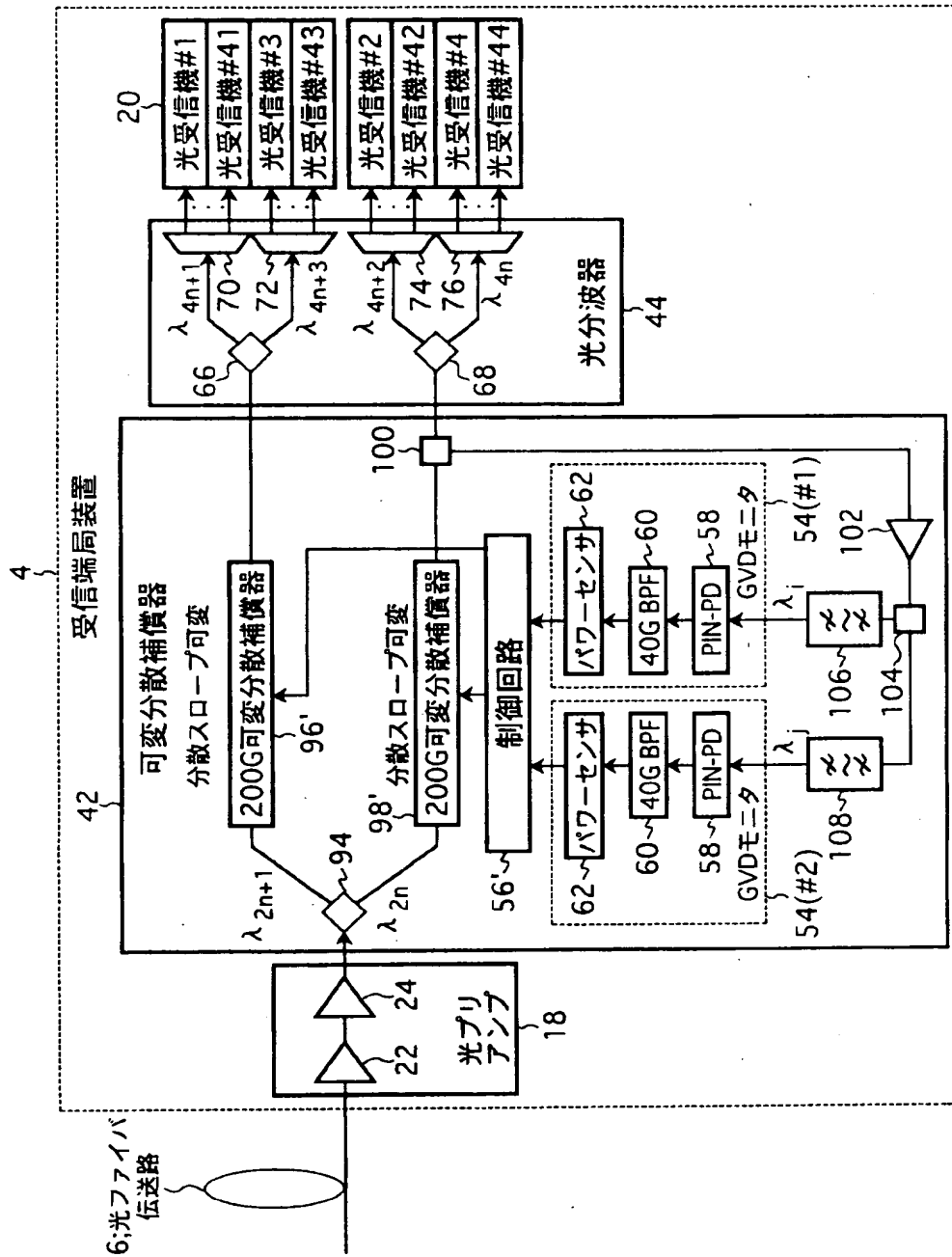
【図13】



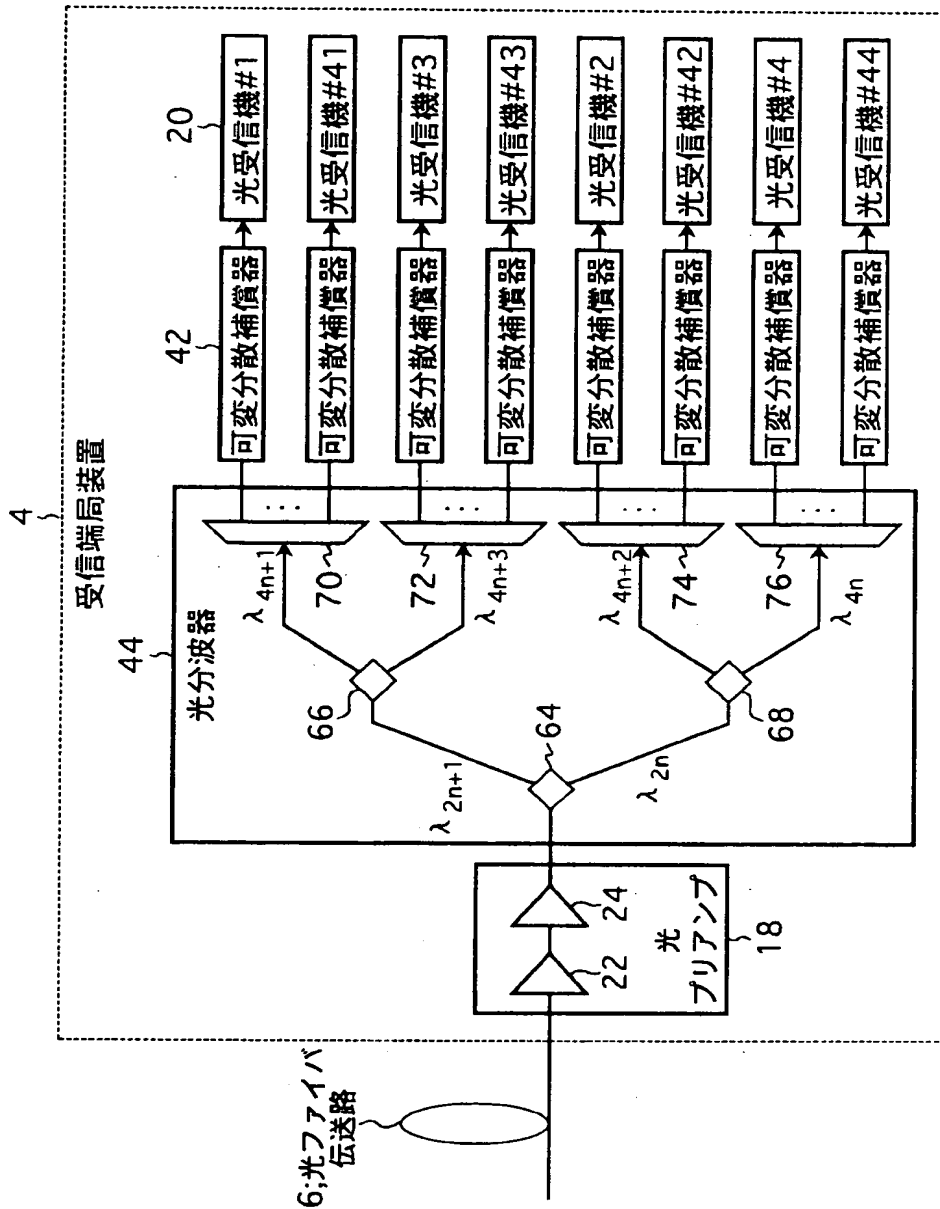
【図14】



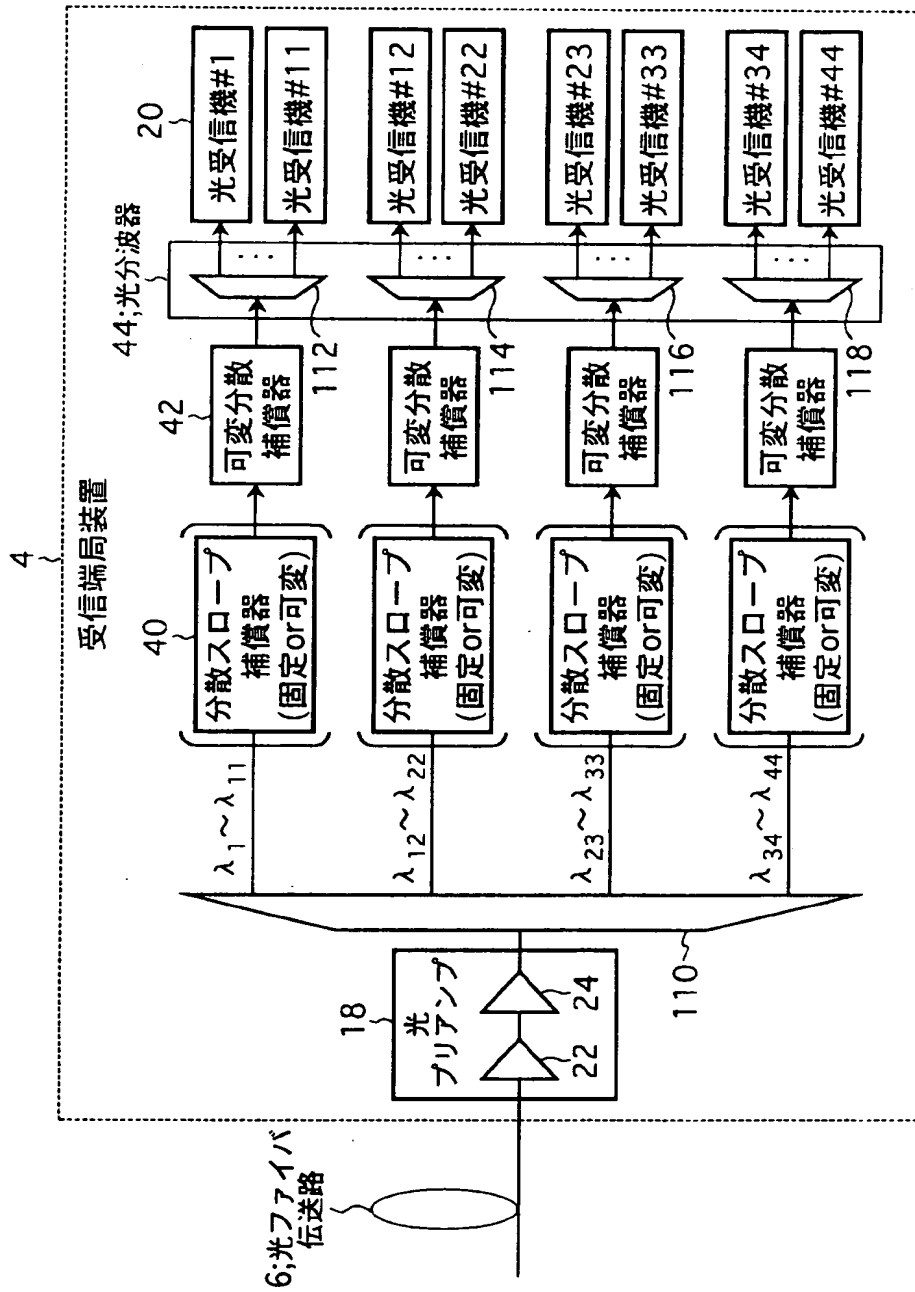
【図 15】



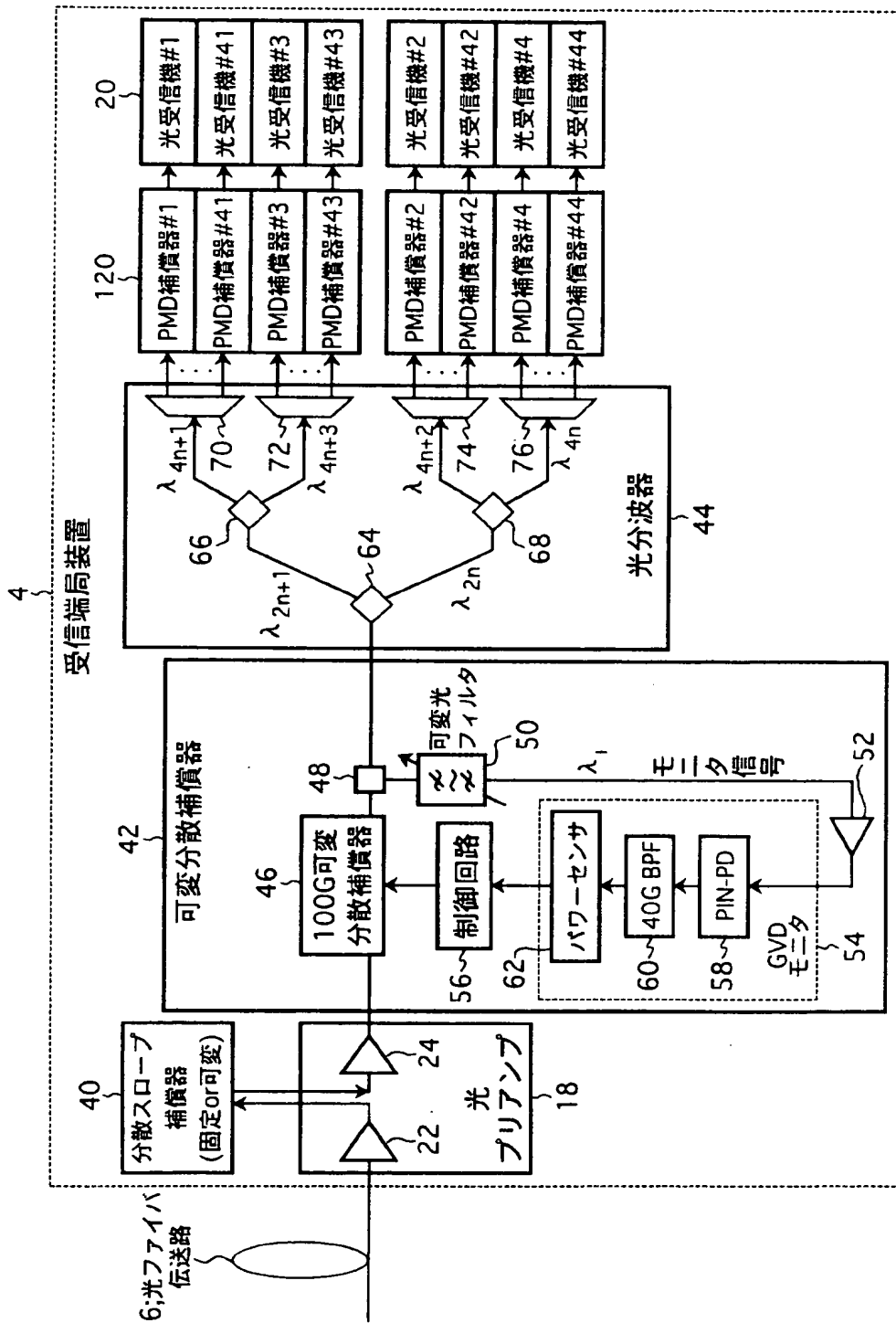
【図 1 6】



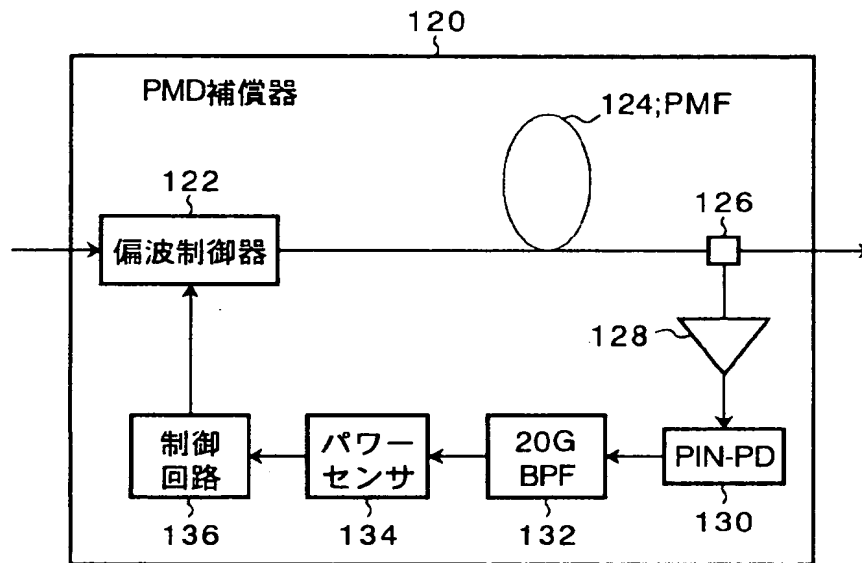
【図 17】



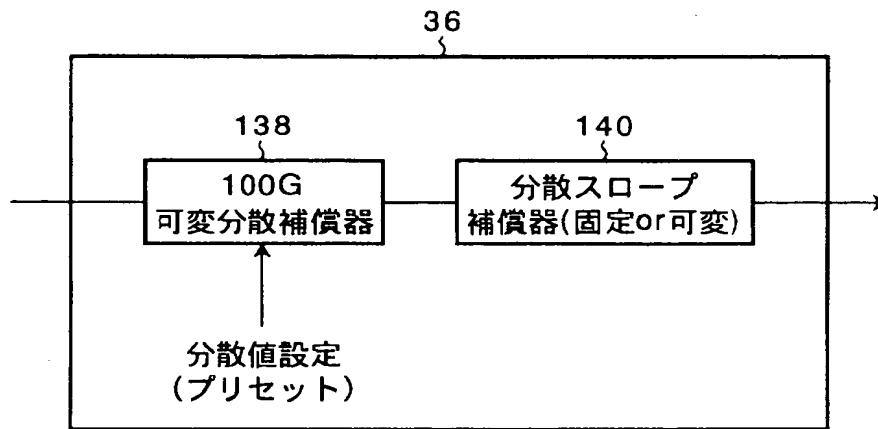
【図 1 8】



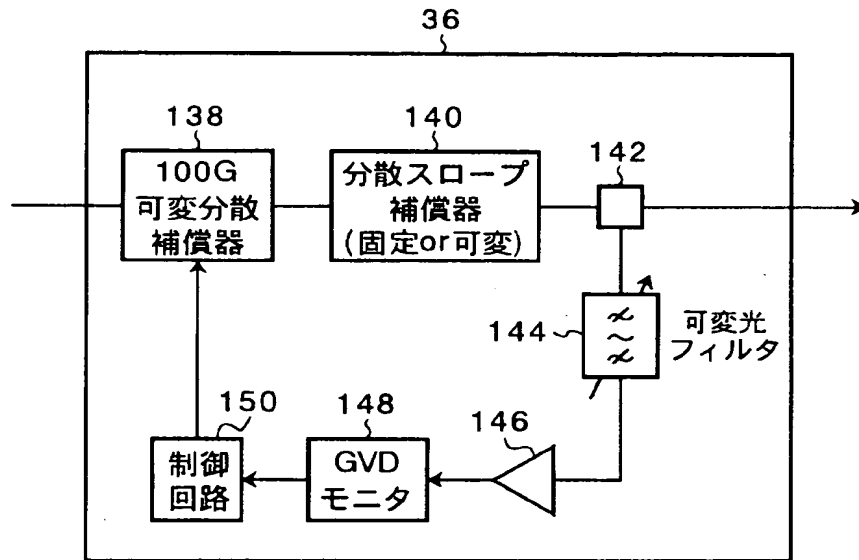
【図 1 9】



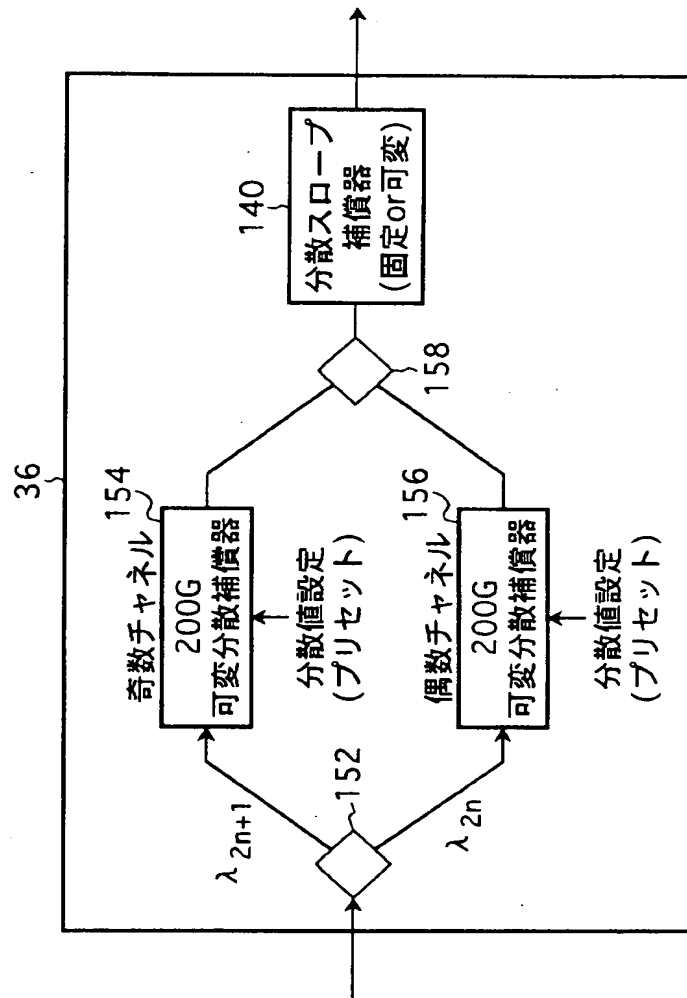
【図 2 0】



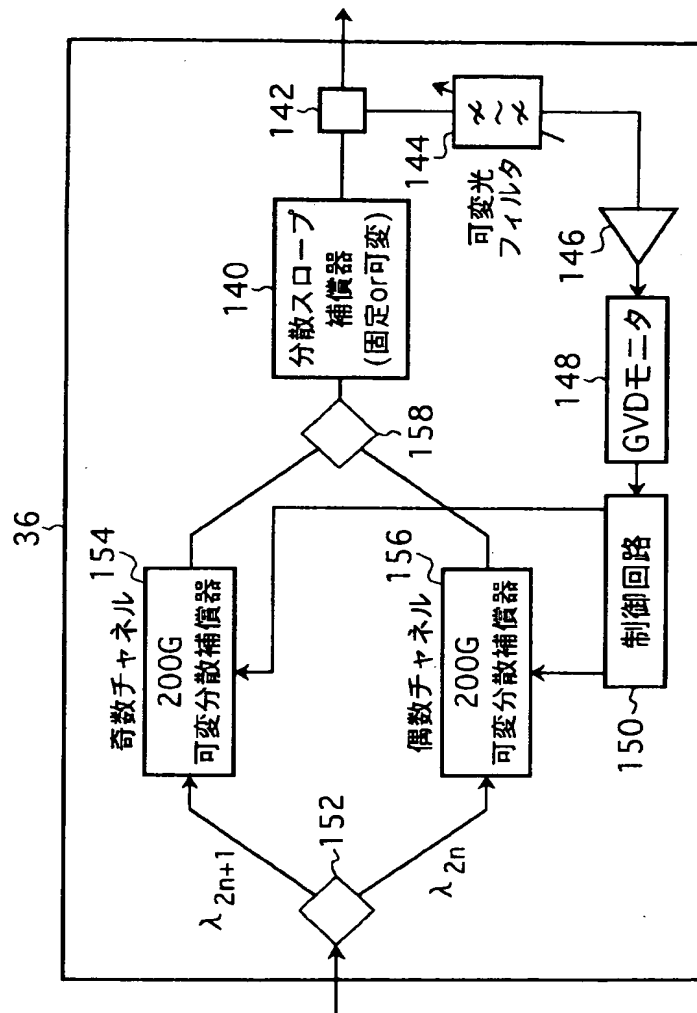
【図 2 1】



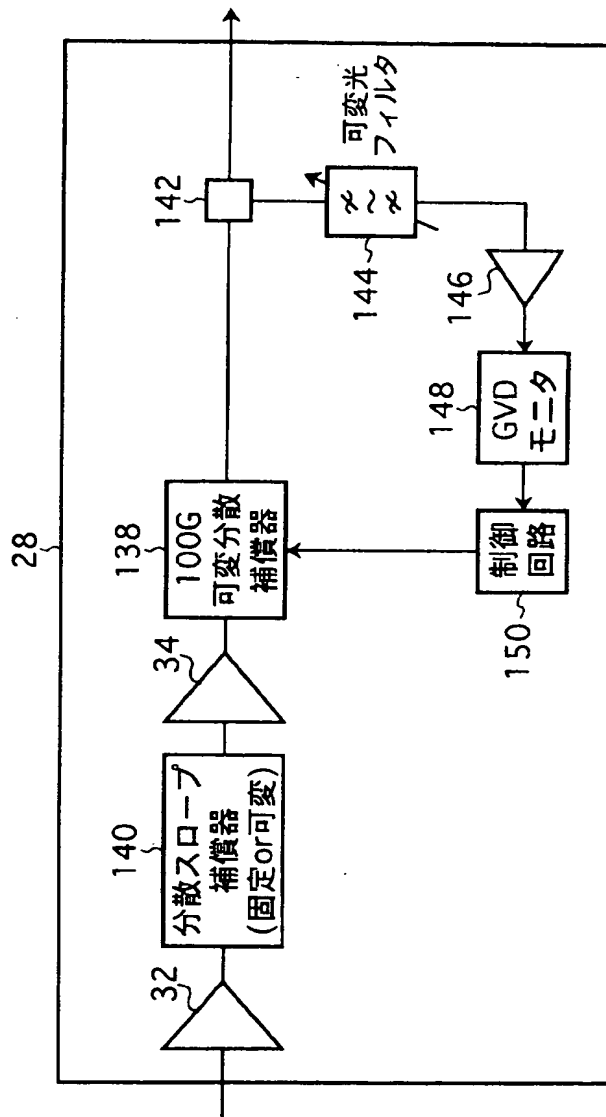
【図 2 2】



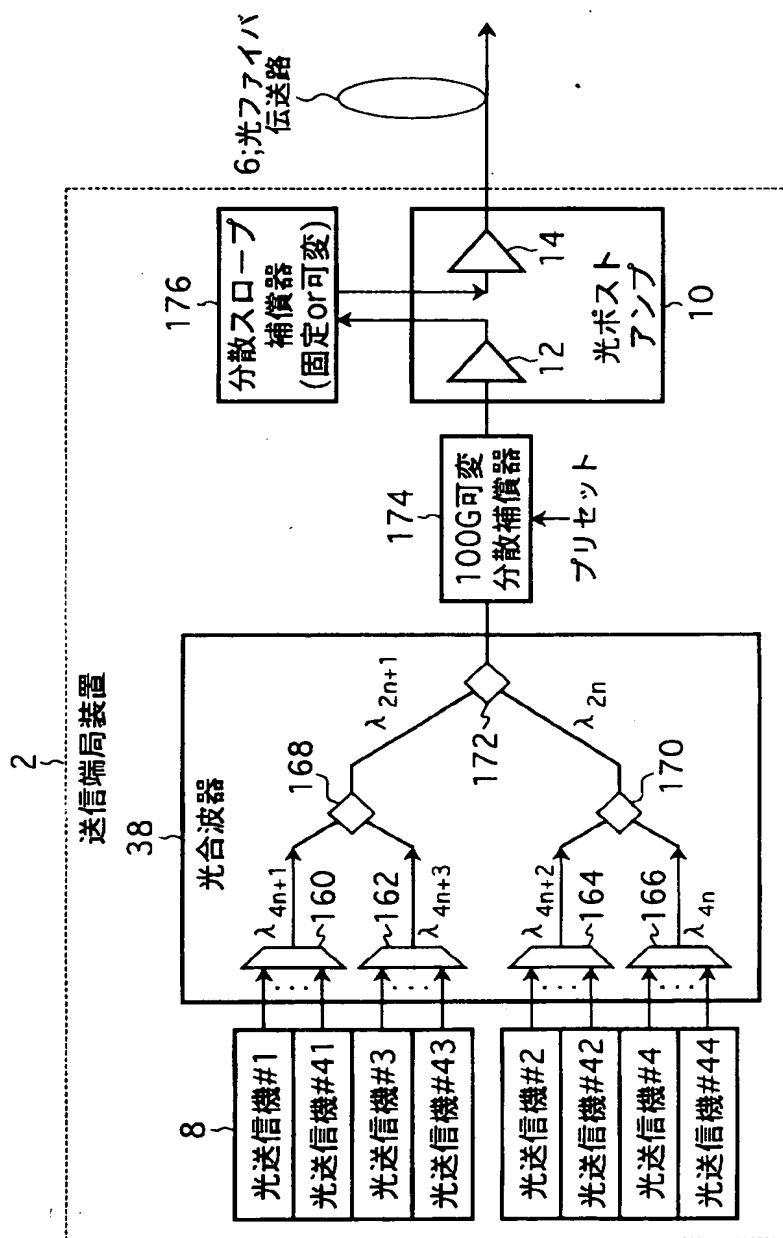
【図 2 3】



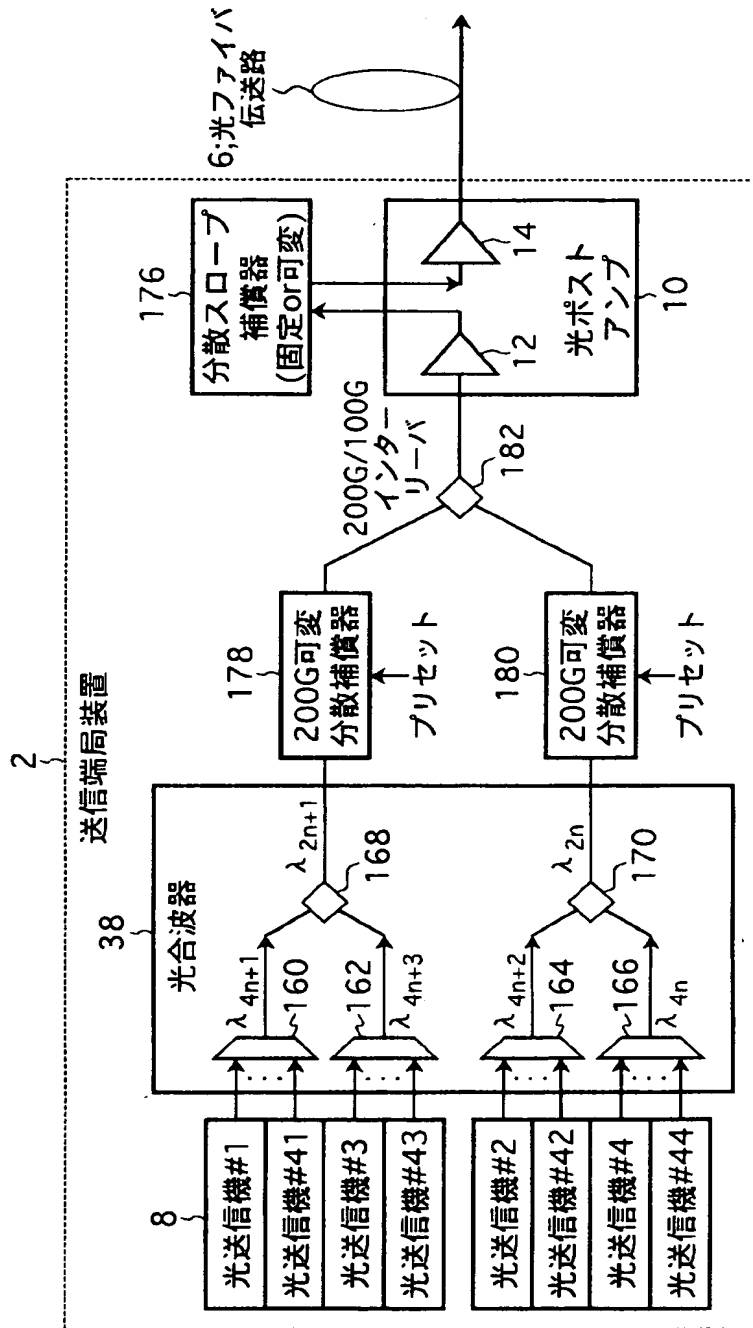
【図 2 4】



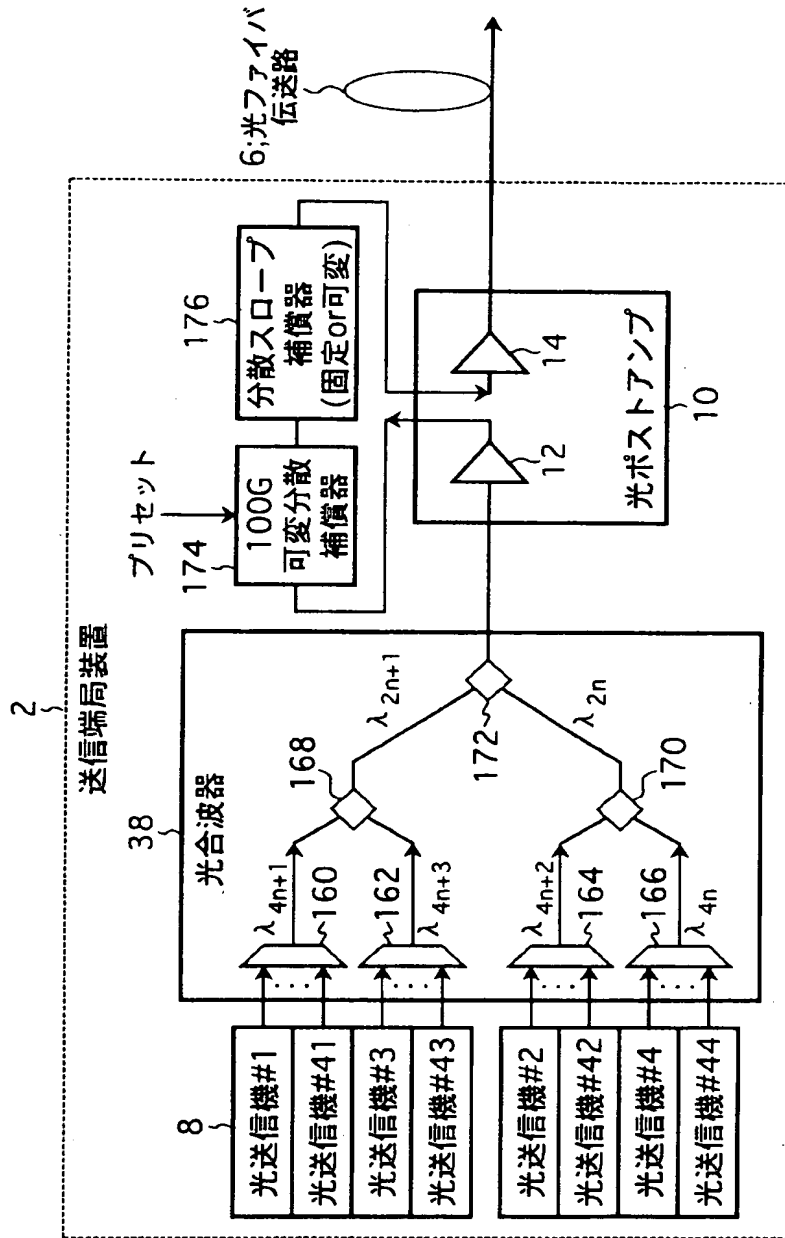
【図 2 5】



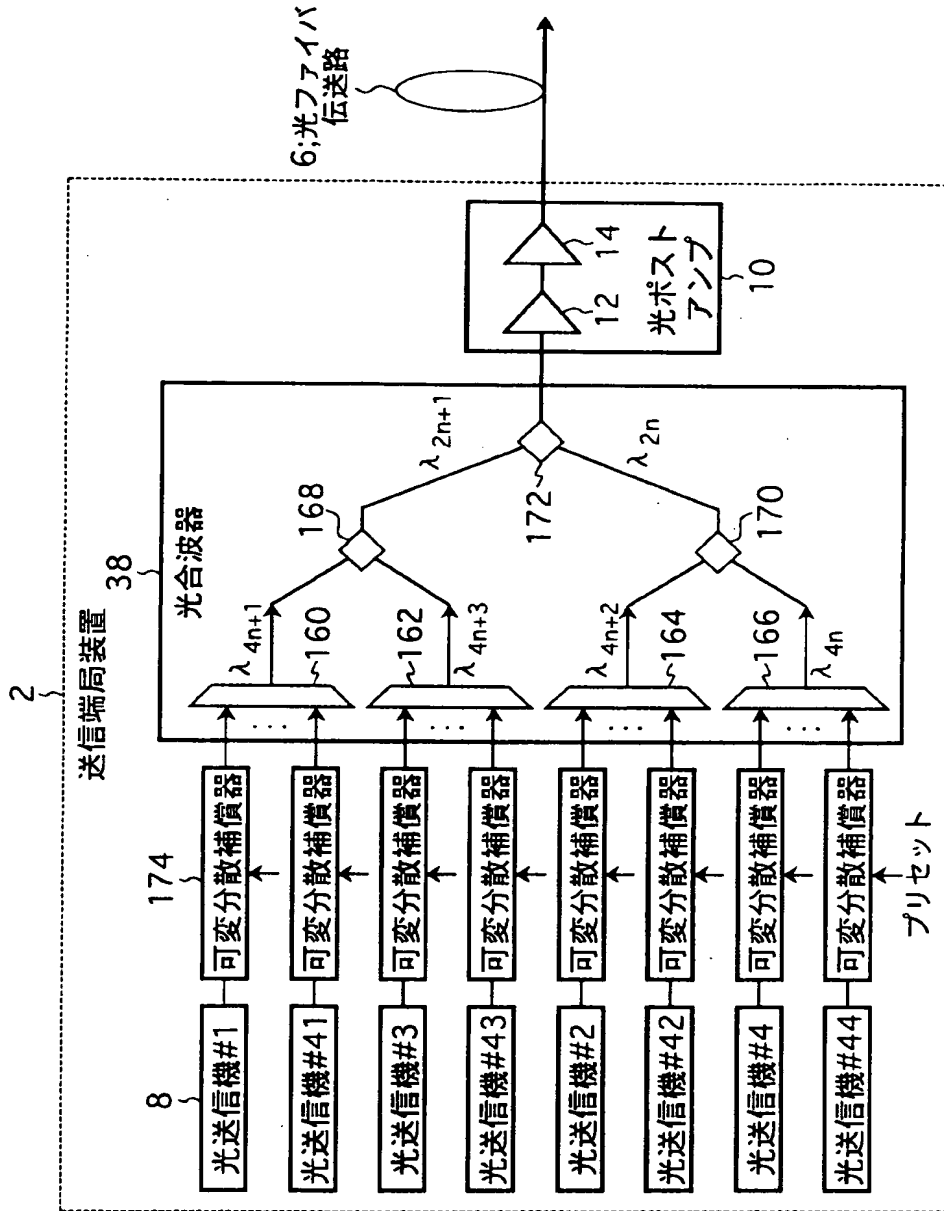
【図 26】



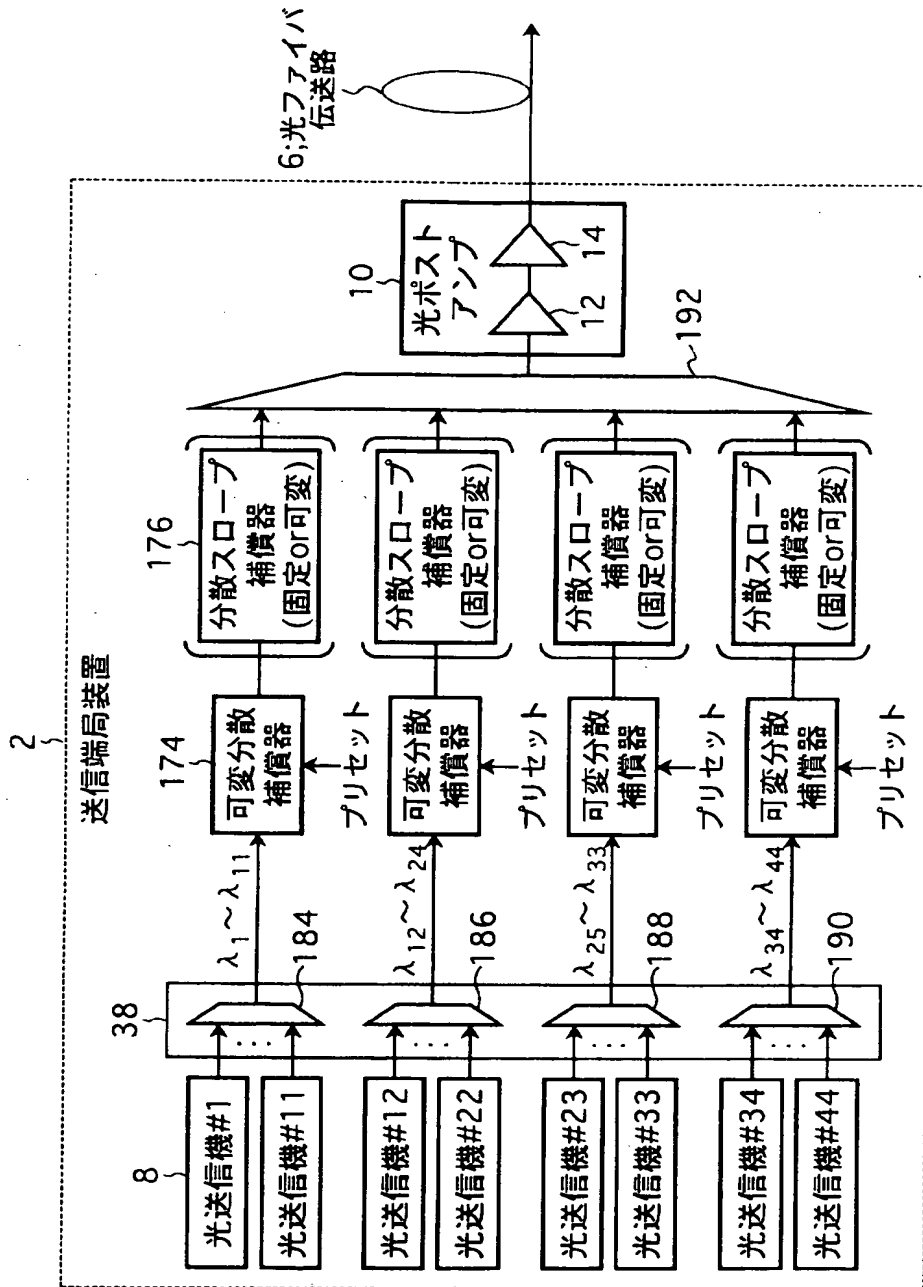
【図 2 7】



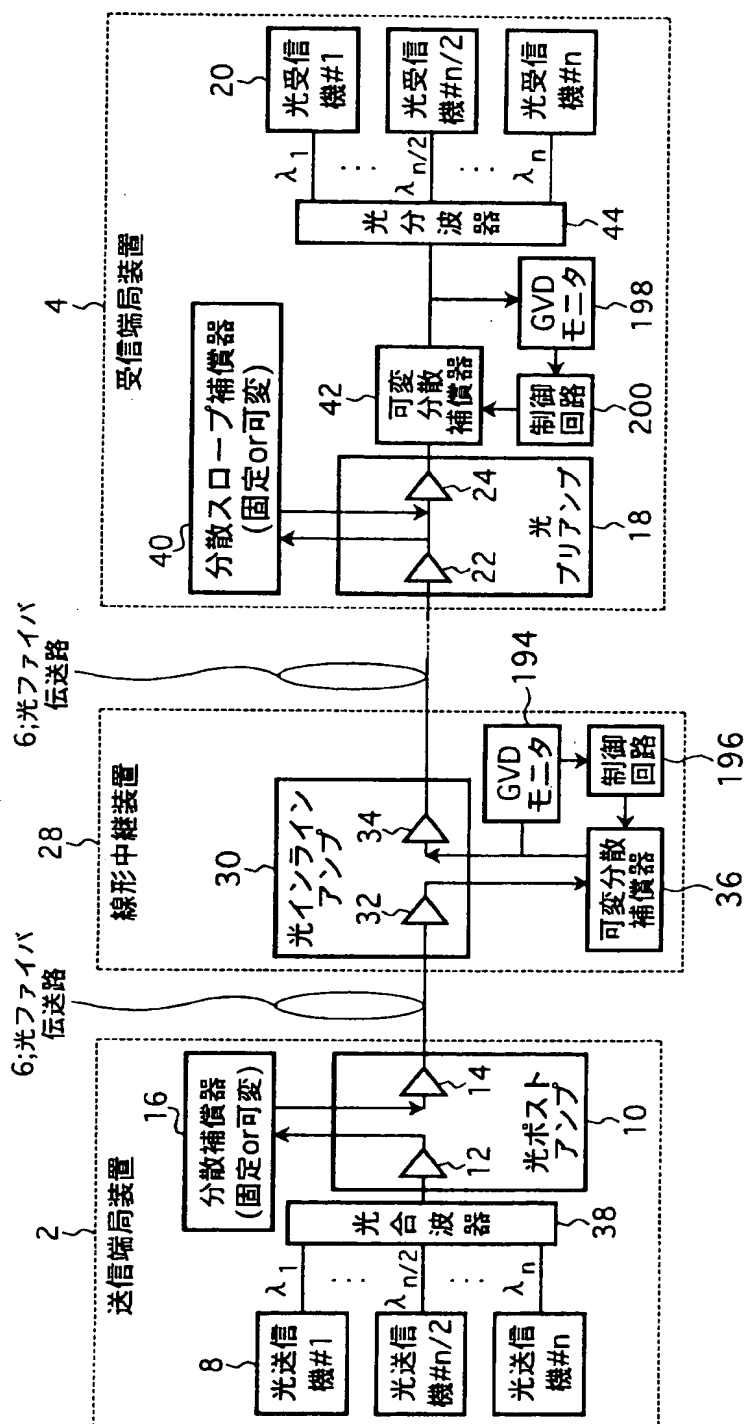
【図 28】



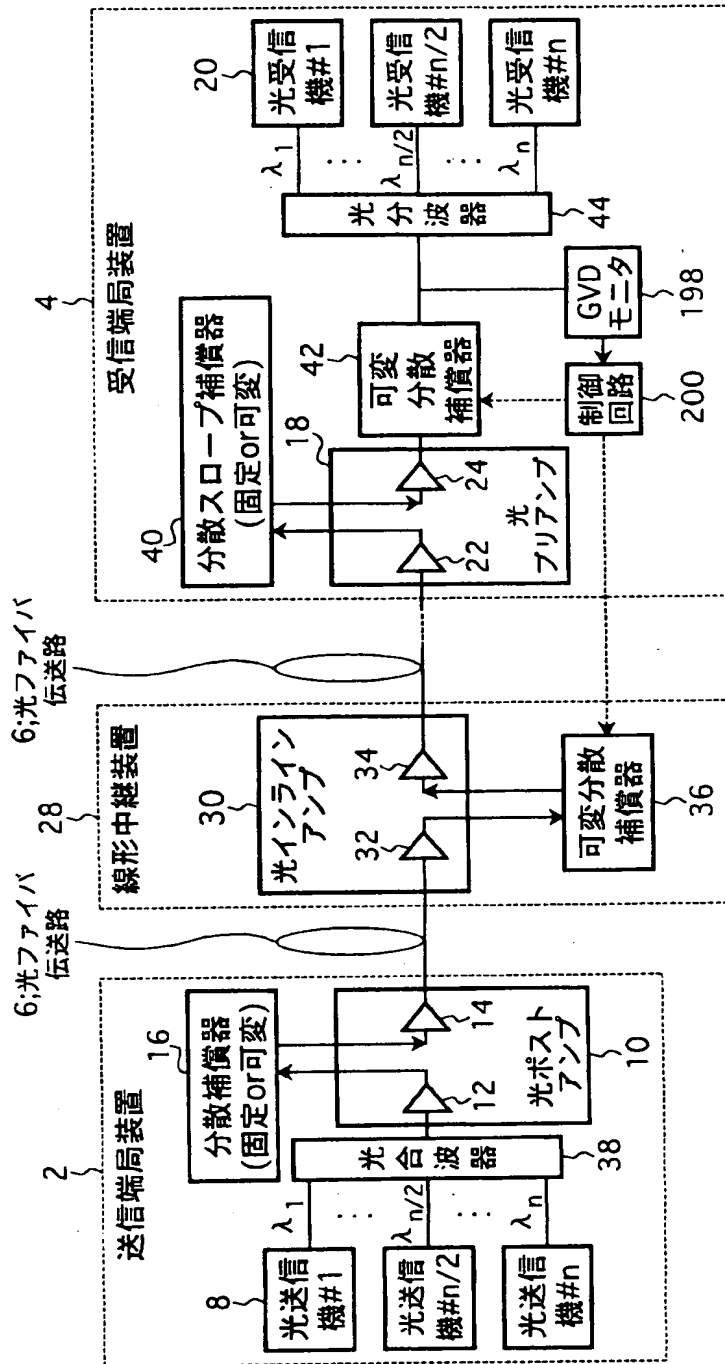
【図 2 9】



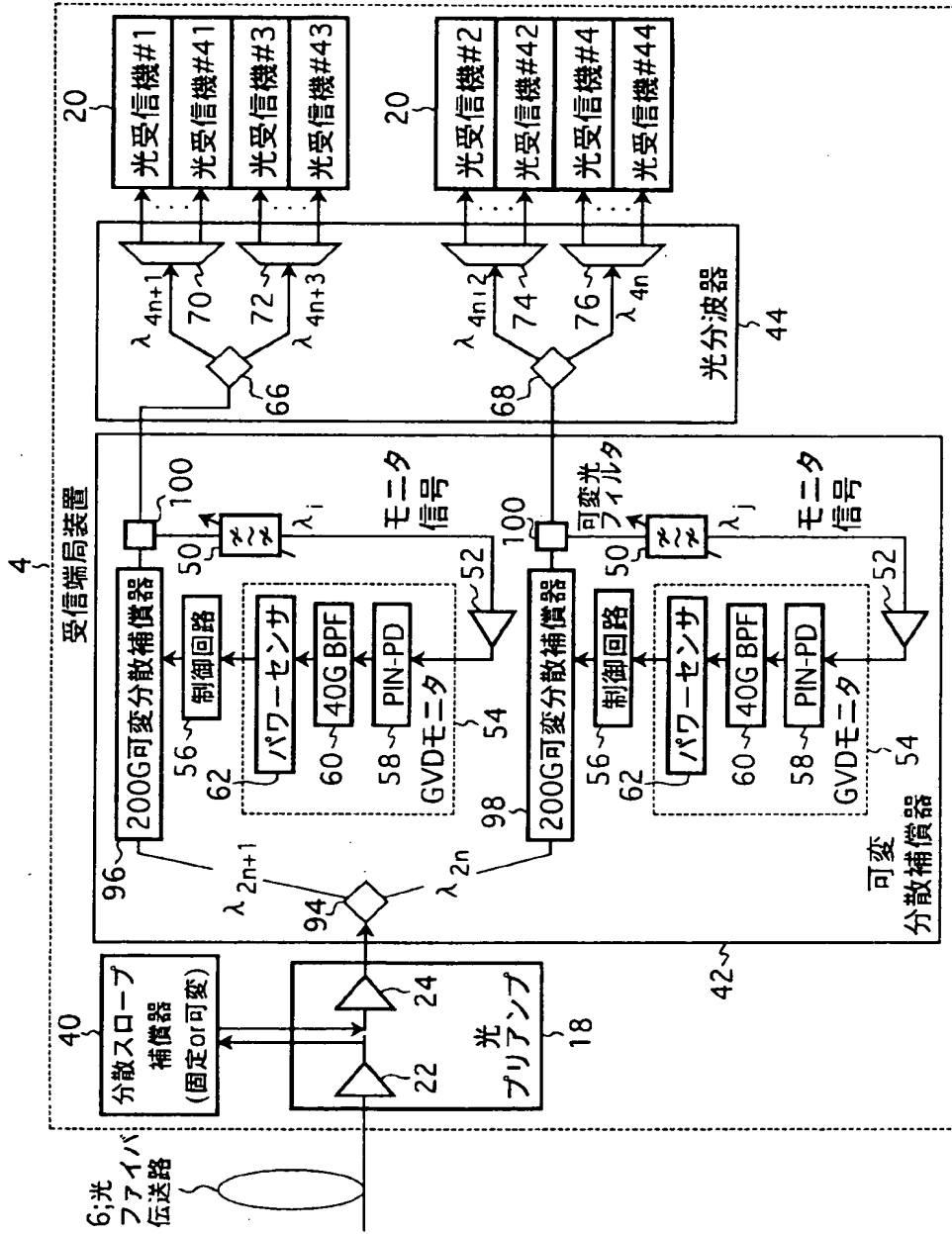
【図 30】



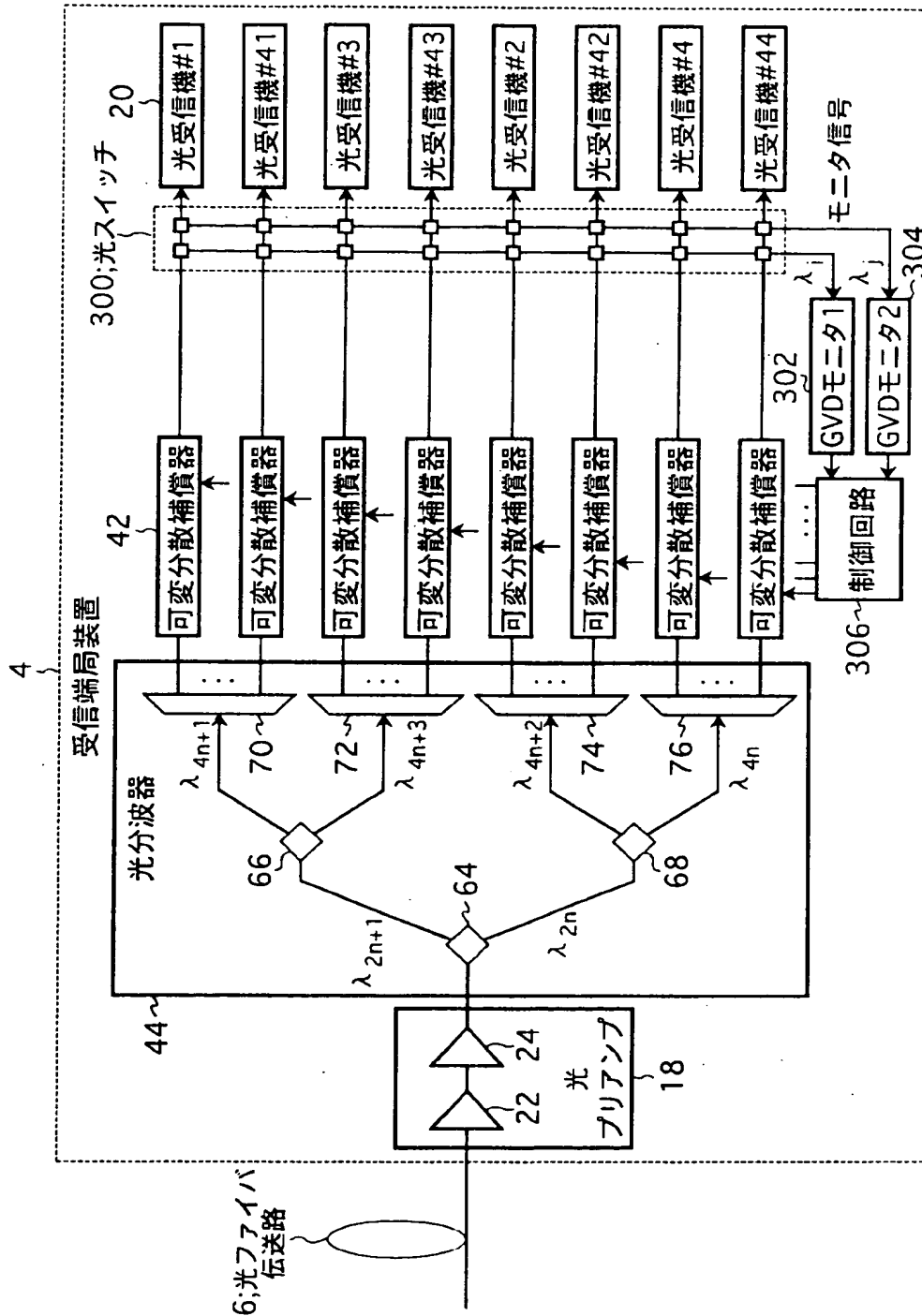
【図 31】



【図 3 2】



【図 33】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は波長分散を補償する方法及びシステムに関し、WDM伝送システムにおいて、高速化に適した波長分散を保証する方法及びシステムの提供が課題である。

【解決手段】 本発明による方法は、異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重してWDM信号光を生成するステップと、WDM信号光を光ファイバ伝送路により伝送するステップと、伝送されたWDM信号光を受信するステップとを備えており、受信するステップは、複数の光信号の少なくとも1つに関連する波長分散を検出するステップと、検出された波長分散が小さくなるように波長分散量及び分散スロープ量が制御される可変分散補償器を提供するステップとを含む。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日	1996年 3月26日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社